

**Universitat de Lleida**

*Efectivitat de l'entrenament de la marxa amb assistència robòtica  
en nens amb paràlisi cerebral espàstica. Una revisió sistemàtica*

*“Effectiveness of robot-assisted gait training in children with spastic  
cerebral palsy. A systematic review”*

Per: *Sònia Justribó Capdevila*

**Facultat d'Infermeria i Fisioteràpia**

Treball presentat a: *Maria Àngels Leal Planes*

*Treball de fi de grau*

*2018-2019*

25 de maig del 2019

## RESUM

**Pregunta d'investigació:** És efectiva l'assistència robòtica com a tractament per la millora de la marxa en nens amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica?

**Objectius:** GENERAL: Conèixer què aporta l'evidència científica sobre l'efectivitat del tractament amb teràpia assistida amb robots en nens amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica en els últims estudis publicats. ESPECÍFICS: Descriure els resultats funcionals publicats en els paràmetres temporoespacials i cinemàtics i en les dimensions D (estar de peu) i E (córrer, saltar) després d'un tractament amb assistència robòtica.

**Metodologia:** S'ha realitzat una cerca en les bases de dades PubMed, Cinahl i Cochrane entre desembre de 2018 i març del 2019. S'han inclòs estudis clínics aleatoritzats i no aleatoritzats, un estudi retrospectiu i estudis experimentals de cas únic amb nens d'entre 4 i 19 anys amb paràlisi cerebral espàstica diplègica els quals han estat sotmesos a teràpia assistida amb robots.

**Resultats:** Es van incloure 8 estudis comprenent un total de 255 participants d'edats entre 4 i 19 anys.

**Conclusió:** L'evidència científica actual aporta un cert nombre d'estudis que mostren que l'entrenament de la marxa amb assistència robòtica pot tenir efectes beneficiosos en la millora de la marxa en el tractament en nens amb PCI. Aquests beneficis s'han observat en un augment dels paràmetres temporoespacials i en un increment del rang de moviment en les articulacions de les extremitats superiors i inferiors (paràmetres cinemàtics). Els paràmetres de les dimensions D i E no acaben de ser clars en els estudis seleccionats. Hi ha una manca d'estudis controlats i aleatoritzats per tal de determinar si l'assistència robòtica és prou efectiva en el tractament de PCI.

**Paraules clau:** revisió sistemàtica (RS), paràlisi cerebral infantil (PCI), diplegia espàstica, teràpia d'entrenament assistida amb robot (RAGT), Lokomat

## ABSTRACT

**Review question:** is robot-assisted gait training an effective treatment for improving the gait in children with spastic cerebral palsy?

**Objectives:** GENERAL; To understand the contribution of scientific evidence in the effectiveness of robot-assisted gait training in children with spastic cerebral palsy. SPECIFIC; To describe functional results published in temporospatial and kinematic parameters and dimensions D (standing) and E (running, jumping) after robot-assisted gait training.

**Methodology:** a literature search was conducted in the PubMed, Cinahl and Cochrane Library from December 2018 to March 2019. Randomized clinical trials and non-randomized clinical trials, single case experimental designs and a retrospective study were included whose population consisted of children aged 4 to 19 with spastic diplegia who underwent robot-assisted gait training.

**Results:** Eight studies were included with a total of 255 participants aged 4 to 19 years.

**Conclusion:** Current scientific evidence provides a certain number of studies that show that robot-assisted gait training do have beneficial effects in the improvement of the gait in the treatment of children with CPI. These benefits have been observed in a rise in temporospatial parameters and in an increase in the range of movement in the joints of the upper and lower limbs (kinematic parameters). Dimensions D and E are not clear in the selected studies. There is a lack of controlled and randomized studies to determine whether robotic assistance is effective enough in the treatment of (CPI).

**Key words:** systematic review, cerebral palsy infantile (CPI), diplegic spastic, robot-assisted gait training (RAGT), Lokomat

# ÍNDEX DEL TEXT

<u>1. INTRODUCCIÓ .....</u>	<u>9</u>
<u>2. MARC TEÒRIC .....</u>	<u>11</u>
2.1 PARÀLISI CEREBRAL INFANTIL.....	11
2.2 EPIDEMIOLOGIA .....	11
2.3 ETIOLOGIA DE LA PARÀLISI CEREBRAL .....	11
2.4 CLASSIFICACIÓ DE LA PARÀLISI CEREBRAL .....	12
2.4.1 CLASSIFICACIÓ SEGONS EL TIPUS DE TRASTORN MOTRIU .....	13
2.4.2 CLASSIFICACIÓ EN FUNCIÓ DE L'EXTENSIÓ AFECTADA.....	15
2.4.3 CLASSIFICACIÓ EN FUNCIÓ DE LA GRAVETAT DEL TRASTORN MOTRIU .....	15
2.4.4 CLASSIFICACIÓ SEGONS ELS TRASTORNS ASSOCIATS .....	16
2.4.5 CLASSIFICACIÓ SEGONS LES TROBALLES EN NEUROIMATGE .....	16
2.5 DIAGNÒSTIC .....	16
2.5.1 DIAGNÒSTIC DIFERENCIAL .....	17
2.6 TRASTORNS ASSOCIATS .....	18
2.7 TRACTAMENT.....	18
2.7.1 TRACTAMENT DEL TRASTORN MOTOR.....	19
2.8 PRONÒSTIC .....	21
2.9 ROBOT-ASSISTED GAIT TRAINING (RAGT).....	21
2.9.1 INDICACIONS ESPECÍFIQUES PER LA UTILITZACIÓ DEL RAGT .....	24
2.10 JUSTIFICACIÓ .....	25
<u>3. OBJECTIUS .....</u>	<u>27</u>
3.1 OBJECTIU GENERAL .....	27
3.2 OBJECTIUS ESPECÍFICS .....	27
<u>4. METODOLOGIA.....</u>	<u>28</u>
4.1 PREGUNTA D'INVESTIGACIÓ .....	28
4.2 RECERCA BIBLIOGRÀFICA .....	28
4.3 CRITERIS D'INCLUSIÓ I D'EXCLUSIÓ .....	28

4.4	PARAULES CLAU .....	30
4.5	ESTRATÈGIES DE RECERCA.....	30
4.6	RESULTATS DE L'ESTRATÈGIA DE RECERCA.....	33
<u>5.</u>	<u>RESULTATS .....</u>	<u>35</u>
5.1	DESCRIPCIÓ DELS ESTUDIS INCLOSOS .....	35
5.1.1	TAULA DE RESULTATS.....	35
5.1.2	CARACTERÍSTIQUES DE LA MOSTRA .....	44
5.1.3	CARACTERÍSTIQUES DELS TIPUS D'ESTUDIS.....	44
5.1.4	ESCALES DE VALORACIÓ I TEMPORITZACIÓ DE L'AVUACIÓ .....	45
5.1.5	AVUACIÓ DEL RISC DE BIAIX DELS ARTICLES INCLOSOS.....	46
5.1.6	DESCRIPCIÓ DELS RESULTATS DELS ESTUDIS INCLOSOS.....	47
<u>6.</u>	<u>DISCUSSIÓ.....</u>	<u>53</u>
6.1	PARÀMETRES TEMPOROESPACIALS .....	53
6.2	PARÀMETRES CINEMÀTICS .....	54
6.3	DIMENSIÓ D I E.....	55
6.4	ALTRES PARÀMETRES .....	56
	AJUDA EN LA DEAMBULACIÓ .....	56
	INDEPENDÈNCIA EN LES ABVD I MOBILITAT .....	56
6.5	LIMITACIONS.....	56
<u>7.</u>	<u>CONCLUSIONS.....</u>	<u>58</u>
<u>8.</u>	<u>IMPLICACIONS SANITÀRIES .....</u>	<u>59</u>
<u>9.</u>	<u>BIBLIOGRAFIA .....</u>	<u>60</u>
<u>10.</u>	<u>ANNEXOS .....</u>	<u>64</u>

## ÍNDEX DE TAULES

Taula 1: Taula PICO (Pacient, Intervenció, Comparació i Resultats).....	28
Taula 2: Criteris d'inclusió.....	29
Taula 3: Criteris d'exclusió.....	29
Taula 4: Estratègia de recerca de la revisió .....	32
Taula 5: Taula de resultats .....	36
Taula 6: Variables i escales de valoració dels estudis .....	45
Taula 7: Avaluació del risc de biaixos .....	47
Taula 8: Risc de biaix Y.Cherni et al. (2018) .....	65
Taula 9: Risc de biaix Hubertus J.A Van Hendel et al. (2015) .....	66
Taula 10 : Risc de biaix L.Wallard (2017) .....	67
Taula 11: Risc de biaix I.Borggraefe (2010) .....	68
Taula 12: Risc de biaix M.Druzicki (2013) .....	69
Taula 13: Risc de biaix A.Meyer-Heim et al. (2013) .....	70
Taula 14: Risc de biaix I.Borggraefe (2010) .....	71
Taula 15: Risc de biaix L.Wallard (2017) .....	72

## ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1: Patrons i causes de la lesió cerebral en diferents estadis .....	12
Figura 2: Sistema de classificació de la funció motora gruixuda.....	15
Figura 3: Sistema de classificació de les habilitats manuals.....	16
Figura 4: Indicacions, objectius i explicació detallada de la teràpia amb el robot Lokomat en la ICF-CY .....	24
Figura 5: Aparell Lokomat per a nens .....	22
Figura 6: Diagrama de fluxe de l'estratègia de recerca .....	34

## **LLISTA D'ABREVIATURES**

ABVD	Activitats Bàsiques de la Vida Diària
BPCI	Ganglis basals, tàlam i braç post càpsula interna
BMWSTT	Bodyweight Supported Treadmill Training
COM	Center Of Mass
COP	Center Of Pressure
EEII	Extremitats inferiors
EESS	Extremitats superiors
FAC	Functional Ambulation Categories
GC	Grup control
GE	Grup experimental
GMFCS	Gross Motor Function Classification System
ICF-CY	International Classification of Functioning, Disability and Health, Children and Youth Version
MACS	Manual Ability Classification System
PC	Paràlisi cerebral
PCI	Paràlisi cerebral Infantil
RAGT	Robot-assisted gait training
RMN	Ressonància magnètica nuclear
RS	Revisió sistemàtica
SNC	Sistema nerviós central
TAC	Tomografia axial computaritzada
WEEFIM	Functional Independence Measure for Children
6MWT	6-Meter-Walk-Test
10MWT	10-Meter-Walk-Test



# 1. INTRODUCCIÓ

El sistema nerviós central (SNC) té la capacitat d'aprendre i adaptar-se contínuament, gràcies a la qualitat plàstica que té. La plasticitat cerebral és l'adaptació que té el sistema nerviós central per minimitzar els efectes produïts per alteracions fisiològiques o estructurals (1). La plasticitat s'aconsegueix mitjançant l'exercici intensificat i repetitiu i en activitats que incloguin moviment. L'efecte de l'aprenentatge motor dependrà de la intensitat i regularitat en què aquests últims es realitzin (2).

La paràlisi cerebral (PC) és una condició de desenvolupament neurològic que afecta a 2 de cada 1.000 naixements i es manifesta principalment en el trastorn del moviment, el to muscular i les habilitats motores. Malgrat que el trastorn no sigui progressiu, l'expressió clínica pot variar al llarg del temps a mesura que el cervell va madurant (3). El tractament de la PC el forma un equip multidisciplinari format per metges, psicòlegs, terapeutes ocupacionals, fisioterapeutes, logopedes, infermers, ortopedistes, treballadors socials... (4).

El tractament actual es basa en intervencions per la millora de l'estructura i la funció del cos com ortesis funcionals i posicionals, estimulació elèctrica, intervencions mèdiques com la rizotomia selectiva dorsal i estimulació cerebral profunda, medicacions com injeccions amb toxina botulínica, baclofè i cirurgia ortopèdica (5).

També es basa en intervencions per la millora en l'activitat i la participació en les activitats bàsiques de la vida diària (ABVD). Dins d'aquestes intervencions trobem les específiques per a membre superior, com la teràpia de moviment induït per restricció i la teràpia bimanual. A nivell de membre inferior, es duu a terme l'entrenament de la marxa i l'entrenament en cinta de córrer (5).

Cada cop hi ha més evidència que la teràpia assistida amb robots millora la neuroplasticitat i és més efectiva en el procés de rehabilitació en pacients amb trastorns de la marxa. L'aprenentatge motor basat en la repetició de tasques específiques com l'equilibri o bé l'entrenament locomotor indica que pot millorar la funció motora de manera significativa i consegüentment la participació activa en les ABVD en nens amb paràlisi cerebral infantil (PCI) (6,7).

Una millora en la funcionalitat de la marxa, menys tendència a caure i millor habilitat en caminar en superfícies inestables són factors que poden millorar les possibilitats en la participació de les ABVD (2).

## **2. MARC TEÒRIC**

### **2.1 Paràlisi cerebral infantil**

Es defineix la paràlisi cerebral (PC) com un grup de trastorns en el moviment i en la postura que apareixen en etapes del desenvolupament del cervell del fetus o de l'infant. Els trastorns motors de la PC normalment s'acompanyen d'alteració en la sensació, cognició, comunicació, percepció i/o comportament que, molt sovint, perduren amb més o menys grau durant tota la vida (8).

Segons Mac Keith i Polani (9) la paràlisi cerebral és un trastorn persistent del moviment i postura, que apareix en etapes primerenques de la vida causat per un trastorn no progressiu del cervell, resultat d'una interferència en el seu desenvolupament (8).

### **2.2 Epidemiologia**

La paràlisi cerebral es registra en països desenvolupats una prevalença de 2-3 nens de cada 1.000 naixements (10). La prevalença és més alta en nens nascuts prematurament (40-100 de cada 1000 naixements) i més baixa en nens nascuts a terme (10). En nens que neixen amb baix pes en néixer la probabilitat augmenta (10). A causa de l'increment de nadons afectats greument i que han sobreviscut, el total de prevalença no ha canviat significativament amb el temps (10).

Els autors McIntyre et al. (11) informen 10 factors de risc associats amb la paràlisi cerebral infantil. Aquests factors són anomalies en la placenta, defectes en el naixement (majors o menors), baix pes al néixer, aspiració del nadó del meconi, secció d'emergència de cesària, asfíxia natal, convulsions neonatals, síndrome del distrès respiratori, hipoglicèmia i infeccions neonatals (10).

### **2.3 Etiologia de la paràlisi cerebral**

La interrupció del desenvolupament del cervell es sol produir en l'úter, quan el nen està apunt de néixer, en el període post-natal o en els primers anys d'infància. La lesió pot ser causada per una hipòxia, una infecció, un vessament cerebral o per hipotensió (10).

Les causes més freqüents de la PC en el període del nen abans de néixer (prenatal) són: infeccions intrauterines, processos vasculars, malformacions cerebrals d'etiologia diversa, causes genètiques, etc (10).

En el període perinatal les causes són hemorràgia cerebral (prematuritat i baix pes), encefalopatia hipòxico-isquèmica, trastorns circulatoris, infeccions (sèpsies o meningitis) i trastorns metabòlics (hipoglucèmia) (10).

En el període post-natal (<10%) les causes més freqüents són meningitis o sèpsies greus, encefalitis, accidents vasculars, traumatismes, ofegaments... (12)

En la següent figura (Figura 1) es poden observar els patrons i les causes de la lesió cerebral en els diferents estadis (pre-natal, perinatal i post-natal).

Box 1 Patterns and causes of brain injury at different stages
<i>Early brain injuries resulting in brain maldevelopment (often before 20 weeks gestation)</i>
▶ Maternal infection—cytomegalovirus—polymicrogyria
▶ COL4A1 genetic mutations—porencephalic cysts, schizencephaly
▶ LIS1 genetic mutations—lissencephaly
▶ GPR56 gene—polymicrogyria
<i>Injuries in early/mid-pregnancy (24–32 weeks gestation)</i>
▶ White matter disease of prematurity (periventricular leukomalacia)
▶ Hypoxia, hypotension, sepsis
▶ Pressure from intraventricular haemorrhage (haemorrhagic parenchymal infarction)
<i>Late injuries to the developed brain</i>
▶ Peripartum asphyxia
▶ Maternal infection
▶ Stroke
<i>Post-neonatal brain injuries</i>
▶ Meningitis/encephalitis
▶ Stroke
▶ Trauma—accidental/non-accidental
▶ Hypoxia—near drowning

Figura 1: Patrons i causes de la lesió cerebral en diferents estadis

## 2.4 Classificació de la paràlisi cerebral

La paràlisi cerebral infantil es pot classificar en funció de l'etiologia, el tipus de trastorn motor predominant, l'extensió de l'afectació, la gravetat de l'afectació, els trastorns associats i la neuroimatge (12).

### **2.4.1 Classificació segons el tipus de trastorn motriu**

Segons el tipus de trastorn motriu trobem que la PCI es presenta de diferents maneres:

- PC espàstica: es caracteritza per hipertonia i hiperreflèxia amb disminució del moviment voluntari, augment del reflex miotàtic i predomini de l'activitat de determinats grups musculars que condicionarà l'aparició de contractures i deformitats (12).
- PC discinètica: caracteritzada per presència de moviments involuntaris, canvis bruscs en el to i persistència exagerada de reflexes arcaics (12).
- PC atàxica: presenta hipotonia, incoordinació de moviment, tremolor intencional i dèficit d'equilibri (atàxia truncal) (12).
- PC hipotònica: és poc freqüent. Els nens presenten hipotonia muscular amb hiperreflèxia osteotendinosa que persisteix més de 2-3 anys i no es causada per una patologia neuromuscular (13).
- PC mixta: El trastorn motriu no és pur. Les formes més comuns són atàxia i distonia o distonia amb espasticitat (13).

#### **2.4.1.1 Espasticitat**

L'espasticitat és un signe clínic i un estat fisiopatològic en què els músculs dels nens queden limitats en el seu recorregut i provoca una deficiència en la funció i en el creixement del múscul (14). És un fenomen dinàmic que canvia i dura en el temps (15).

L'espasticitat es troba dins la síndrome de la motoneurona superior i hi intervenen com a estructures el tronc cerebral i la medul·la espinal. En la formació reticular del bulb medial es troba un centre inhibidor que quan s'activa produeix la reducció del to muscular. En la mateixa àrea, però de localització lateral, trobem una zona que, quan s'activa, incrementa el to muscular. El còrtex pre-motor activa l'àrea inhibidora reticular mitjançant fibres juxta-piramidals, que són de gran importància ja que mantenen el to motor adequat. La destrucció d'àrees pre-motors o de vies juxta-piramidals impedeix l'activació de l'àrea reticular inhibidora del to i com a conseqüència, les àrees laterals activadores actuen produint un to muscular molt incrementat (15).

Dins l'espasticitat trobem quatre fases:

1. Fase d'espasticitat: augment del to muscular per l'augment de la tensió d'un múscul quan s'estira de forma passiva per exageració del reflex muscular d'estirament (15).
2. Fase d'actitud viciosa: desequilibri muscular per predomini d'espasticitat en alguns grups musculars. Hi ha predomini de flexors plantars, adductors i flexors de maluc, colze, canell i dits en l'extremitat superior (15).
3. Fase de retracció muscular: la persistència de l'actitud viciosa provoca un creixement entre els grups agonistes i antagonistes desigual (15).
4. Fase de deformitats osteo-articulars: és el fracàs de l'espasticitat en les fases anteriors i s'han modificat les pressions i estímuls de tracció del cartílag de creixement. Com a conseqüència, es presenten deformitats osteo-articulars (15).

L'espasticitat d'origen medul·lar està caracteritzada per paràlisi, flacciditat muscular i absència de reflexos tendinosos i dels esfínters que pot durar setmanes, mesos i que en menys mesura aquests perduren en el temps (15).

L'espasticitat en nens influeix negativament en el desenvolupament múscul-esquelètic i pot acabar interferint en el control postural, limitant la mobilitat espontània i alterant els aprenentatges (15).

#### **2.4.1.2 Diplegia espàstica**

Segons la distribució topogràfica, l'espasticitat pot ser de forma unilateral i bilateral. La forma unilateral correspon a les hemiplegies, on hi ha una afectació d'un costat del cos i amb major afectació al membre superior (16).

L'espasticitat de forma bilateral inclou quadriplegies (afectació de quatre membres per igual) o bé diplegia espàstica, on hi ha més afectació als membres inferiors i una lleugera afectació en el tronc superior. La diplegia espàstica s'associa a la prematuritat que al mateix temps s'associa amb la presència de leucomalàcia periventricular (lesions en la substància blanca) (16).

L'afectació del tronc inferior en la diplegia espàstica pot variar en relació al grau d'afectació i es pot trobar des de la marxa en puntetes del peu (augment del to

extensor de turmells) fins la rigidesa dels membres inferiors amb flexió de maluc, genolls, colzes (16).

El pronòstic d'un nen amb PCI diplègica espàstica és millor que en la quadriplègica ja que el nen amb diplègica espàstica pot acabar assolint la marxa independent o amb suport (en la majoria de casos) (16).

#### 2.4.2 Classificació en funció de l'extensió afectada

En funció de l'extensió de la zona afectada la PCI es pot presentar:

- Unilateral (un sol hemicòs afectat): hemiparèsia o monoparèsia
- Bilateral: diplegia (afectació de les 4 extremitats amb predomini d'afectació de les EEl), triparèsia (afectació d'ambdues EEl i una EESS) i tetraparèsia (afectació de les 4 extremitats amb igual o major afectació de les EESS o EEl) (12).

#### 2.4.3 Classificació en funció de la gravetat del trastorn motriu

A nivell internacional s'utilitza el Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (17) que classifica en 5 nivells d'afectació de menor a major gravetat en relació a la mobilitat (Figura 2).

- Nivell I: marxa sense restriccions, limitacions en habilitats motrius més avançades
- Nivell II: marxa sense suport ni ortesi. Limitacions per caminar fora de casa o a la comunitat
- Nivell III: marxa amb suport o ortesi. Limitacions per caminar fora de casa i en la comunitat
- Nivell IV: mobilitat independent bastant limitada
- Nivell V: totalment dependents. Automobilitat molt limitada (12)

- **Nivel I:** marcha sin restricciones. Limitaciones en habilidades motoras más avanzadas
- **Nivel II:** marcha sin soporte ni ortesis. Limitaciones para andar fuera de casa o en la comunidad
- **Nivel III:** marcha con soporte u ortesis. Limitaciones para andar fuera de casa y en la comunidad
- **Nivel IV:** movilidad independiente bastante limitada
- **Nivel V:** totalmente dependientes. Automovilidad muy limitada

**TABLA I.**  
**Gross Motor**  
**Function**  
**Classification**  
**System (GMFCS)**

Figura 2: Sistema de classificació de la funció motora gruixuda

El GMFCS no informa sobre la capacitat funcional en extremitats superiors i és per això que s'utilitza un altre sistema de classificació. Aquest serveix per avaluar la gravetat d'afectació en extremitats superiors i s'anomena Manual Ability Classification System (MACS). (12)

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Nivel I. manipula objetos fácil y exitosamente</b> (ninguna restricción de la independencia ni limitación en actividades de la vida diaria). Limitaciones para algunas actividades que requieren velocidad y precisión</li> <li>- <b>Nivel II. Manipula la mayoría de objetos pero con alguna reducción en la calidad o velocidad de ejecución:</b> ciertas actividades pueden ser evitadas u obtenidas con dificultad o emplearse formas alternativas de ejecución; usualmente no restricción en la independencia de las actividades de la vida diaria</li> <li>- <b>Nivel III. Manipula los objetos con dificultad, necesita ayuda parra preparar o modificar las actividades:</b> la ejecución es lenta, éxito limitado en la calidad. Las actividades sólo son realizadas independientemente si antes han sido organizadas o adaptadas</li> <li>- <b>Nivel IV. Manipula una limitada selección de objetos fáciles de usar y sólo en situaciones adaptadas:</b> requiere soporte continuo y equipo adaptado para logros parciales de la actividad</li> <li>- <b>Nivel V. No manipula objetos y tiene habilidad severamente limitada para ejecutar aun acciones sencillas:</b> requiere asistencia total</li> </ul>	<p><b>TABLA VII.</b> <b>Manual Ability</b> <b>Classification</b> <b>System (MACS)</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Figura 3: Sistema de classificació de les habilitats manuals*

#### 2.4.4 Classificació segons els trastorns associats

Dèficits en les funcions cognitives que van des del retard mental a trastorns específics de funcions del llenguatge, atenció i funcions viso-perceptives són trastorns associats que es poden trobar en la PCI (12).

També es poden trobar trastorns com l'epilèpsia, trastorns psiquiàtrics, dèficits sensorials, trastorns d'alimentació, retard del creixement, osteopènia, reflux esofagogastric, trastorns respiratoris i trastorns del son (12).

#### 2.4.5 Classificació segons les troballes en neuroimatge

En funció de les troballes en neuroimatge es distingeix:

- Afectació de la substància blanca periarticular
- Lesions corticals i de ganglis basals
- Malformacions cerebrals (12)

### 2.5 Diagnòstic

El diagnòstic es basa en el coneixement del desenvolupament normal i els signes d'alarma de diferents maneres. Els signes d'alarma poden ser:

- En temps:
  - Retard d'adquisicions



- Persistència de patrons motors arcaics
- En qualitat:
  - Patró motor estereotipat que altera la funció (12)

Alguns dels signes precoços de la PCI són:

- Persistència reflexes arcaics
- Reflex tònic asimètric >3 mesos
- Marxa automàtica >3 mesos
- Absència reaccions d'adreçament
- Polze inclòs al palmell de la mà
- Hiperextensió de les extremitats inferiors (EEII) al suspendre el nen per les axil·les
- Asimetries (en la hemiplegia)
- Anomalies del to muscular (hipertò/hipoto)
- Hiperreflèxia, clonus, signe de Babinski, de Rosolino (13)

En la hipertonia trobem com a signes: la hiperextensió cefàlica i de tronc, espasmes extensors intermitents, retraccions d'espatlles, activitat extensora de braços, hiperextensió de les EEII, puntades en bloc, sense dissociar (13). En la hipotonia trobem com a signes: el to postural baix amb escassa activitat, hipermobilitat articular, postures extremes (en llibre obert) i amb reflex osteotendinós viu i el clonus (13).

### **2.5.1 Diagnòstic diferencial**

La PCI presenta una sèrie de signes típics com hipotonia, espasticitat i distonia. El diagnòstic diferencial es basa sobretot en què es compleixin els requisits de la PCI (trastorn permanent, d'origen cerebral i no progressiu). Per la realització del diagnòstic diferencial es tenen en compte, principalment, els següents factors:

- Trastorn transitiu del to.
- Trastorn del to d'origen no cerebral.
- Malalties degeneratives (12).

També és necessari realitzar proves complementàries com ara la ressonància magnètica. Si la sospita és de infecció congènita, es pot realitzar un TAC cranial per visualitzar les calcificacions. Les troballes per neuroimatge podran confirmar l'existència, localització i extensió de la lesió (13).

Es poden realitzar un seguit d'exploracions, com ara oftalmològica o auditiva, per descartar trastorns sensorials associats. També es pot realitzar una radiografia de maluc (risc de luxació) abans d'iniciar la bipedestació o altres exploracions radiològiques en funció de les deformitats ortopèdiques (13).

## **2.6 Trastorns associats**

Els nens amb PCI solen presentar a més a més de trastorns motrius altres trastorns i complicacions (13).

Aquests trastorns associats poden ser sensorials visuals (en 50% dels nens) i auditius (20% dels nens), problemes de comunicació i de llenguatge, epilèpsia (en 50% dels nens amb PCI) (13).

Com a complicacions trobem les ortopèdiques (contractures múscul-esquelètiques, luxació de maluc, escoliosi, osteoporosi), problemes digestius (dificultats per l'alimentació, malnutrició, reflux gastro-esofàgic, restrenyiment), problemes respiratoris (pneumònies, aspiracions), alteracions buco-dentals, cutànies o vasculars (13).

## **2.7 Tractament**

El treball interdisciplinari i multidisciplinari format per neuropediatres, fisioterapeutes, ortopedes, psicòlegs, logopedes i terapeutes ocupacionals és fonamental per al tractament de la PCI (13).

Un altre aspecte important serà la necessitat de la pràctica basada en l'evidència sempre que sigui possible. S'ha mostrat en molts estudis l'efectivitat de les intervencions en fisioteràpia basades en la teràpia del neurodesenvolupament, entrenament d'exercicis d'enfortiment dels músculs, educació conductiva i aparells ortèsics. Alguns mètodes com el biofeedback i l'estimulació elèctrica han estat acceptats com teràpies complementàries (18).

El tractament ha de ser individualitzat segons la situació en què es trobi el nen (edat, afectació motriu, capacitats cognitives, patologia associada) i sempre tenint en compte l'entorn familiar, social i escolar (13).

### **2.7.1 Tractament del trastorn motor**

El tractament del trastorn motor consisteix principalment en fisioteràpia, ortesi, fàrmacs i tractament quirúrgic (13).

#### **2.7.1.1 Tractament del trastorn motor amb tècniques de fisioteràpia**

El tractament més comú que s'utilitza en nens amb PCI és una tècnica de facilitació neuromuscular anomenada Bobath. El seu objectiu és establir el desenvolupament i funció motriu normal i la prevenció de contractures i deformitats. Bobath es centra amb els components sensoriomotrius del to muscular, els reflexos, patrons anormals de moviment, control postural, sensació, percepció i memòria. Els exercicis són activitats que inclouen moviments repetitius del sistema múscul-esquelètic per millorar els nivells de la forma física. La tècnica Bobath recupera experiències del moviment normal i les integra en activitats de la vida diària (18).

També és important el tractament a nivell postural ja que així s'evita que el nen tingui retraccions articulars causades per l'espasticitat i es busca sempre el màxim de funcionalitat (15).

Com a part de tractament també té un paper rellevant la cinesiteràpia que engloba mobilitzacions articulars actives i passives per tal de prevenir complicacions ortopèdiques (15).

En fisioteràpia també es realitzen estiraments musculars per l'espasticitat dels músculs i elongació dels teixits tous. Els estiraments passius augmentaran el rang de moviment, reduiran la espasticitat i milloraran l'eficiència de la marxa en nens amb espasticitat (18).

Pel que fa a l'equilibri i la marxa intentarem reeducar el patró de la marxa amb exercicis neurocognitius de repetició amb suport parcial de pes en cinta de córrer. La bipedestació ajuda al nen a què disminueixi el to muscular i espasmes (15).

A més a més es treballa l'enfortiment de músculs antagonistes, la hidroteràpia, l'electroestimulació i la crioteràpia també ajuden a disminuir l'espasticitat i retardar l'evolució de la PCI (15).

Els fisioterapeutes tenen un rol important a l'hora de donar un seguit de pautes per les activitats de la vida diària i valorar el domicili per si s'han de dur a terme adaptacions (15).

#### **2.7.1.2 Tractament del trastorn motor amb fàrmacs**

Els fàrmacs més utilitzats via oral són el Baclofè i el Diazepam.

- Baclofè : és un fàrmac antiepilèptic que disminueix l'espasticitat i actua sobre els receptors GABA i produeix una inhibició pre-sinàptica d'alliberació de neurotransmissors excitadors (19).
- Diazepam : és el fàrmac que s'utilitza més en el tractament de l'espasticitat. El fàrmac augmenta la inhibició pre-sinàptica a la medul·la espinal a la vegada que incrementa la afinitat dels receptors gabanèrgics per GABA endogen (19).

Per injecció local s'utilitza la toxina botulínica, la qual pot beneficiar el dolor associat (13). La toxina botulínica s'indica per condicions neurològiques quan l'espasticitat afecta a un múscul o un grup de músculs i el pacient no respon al tractament amb farmacologia ni teràpia convencional. Aquesta substància s'uneix a receptors terminals en el nervi motor i bloqueja la conducció neuromuscular, inhibint l'increment d'acetilcolina en la sinapsi química (20).

#### **2.7.1.3 Tractament del trastorn motor amb intervenció quirúrgica**

Es considerarà el tractament quirúrgic per alleujar la simptomatologia sempre i quan l'equip interdisciplinari plantegi a la família els corresponents objectius de tractament i informi dels riscos i el període de recuperació del nen (18).

Els nens amb PCI espàstica es solen tractar quirúrgicament. L'objectiu de les intervencions és minimitzar el desenvolupament de contractures i deformitats amb la normalització del to muscular, facilitar un adequat estirament dels músculs, incrementar un rang de moviment actiu, enfortir els músculs que estiguin debilitats,

millorar la mobilitat i les capacitats funcionals i promoure una independència funcional a casa, l'escola i a la comunitat (18).

Les tècniques en cirurgia ortopèdica inclouen tenotomia, neurectomia, transplantament de tendons, allargament d'unitats miotendinoses retretes, osteotomies, artrodesi, reducció de luxacions i fusions vertebrals. Pel que fa a la neurocirurgia s'utilitza la bomba baclofè intratecal i la rizotomia dorsal selectiva (18).

## **2.8 Pronòstic**

El pronòstic en la paràlisi cerebral infantil depèn de factors com l'etiologia, l'edat en què trobem la PCI, l'extensió de la lesió i l'existència o no de trastorns associats (12).

Respecte a les troballes neurològiques, segons l'article de I.Lorente Hurtado de la unitat de Neuropediatria (12), trobem que la leucomàcia periventricular en nens prematurs és un factor de risc (12).

Per predir el pronòstic s'han publicat criteris radiològics (RM) en tres graus diferents. En el primer grau no hi ha lesions centrals (ganglis basals, tàlem i braç post càpsula interna (BPCI)) i pèrdua de diferenciació perifèrica entre substància blanca i gris de menys del 10%. En el segon grau, hi ha lesions centrals inferiors al 30% de superfície i no hi ha afectació de BCPI. En el tercer grau, hi ha alteració de BCPI i més del 30% en els ganglis basals o tàlem o bé més del 30% d'afectació cortico-subcortical. També podem predir el pronòstic mitjançant la RM amb tècnica de difusió amb nens amb pèrdua de benestar fetal i encefalopatia hipòxica isquèmica (12).

Pel que fa al pronòstic de la deambulació, aquest es basa en el tipus i extensió de trastorn motor i la valoració funcional motora als dos anys (12).

## **2.9 Robot-assisted Gait Training (RAGT)**

L'entrenament de la marxa assistida per un robot en pacients adults es va introduir en la dècada dels 90 (21). Fins l'any 2006 no va ser introduïda la marxa assistida per un robot en nens de 4 o més anys. (2) Actualment hi ha diferents sistemes disponibles com ara "Lokomat" o "Gait trainer" (21). La següent imatge (figura 5) mostra l'aparell robòtic "Lokomat" per l'entrenament de la marxa per a nens.

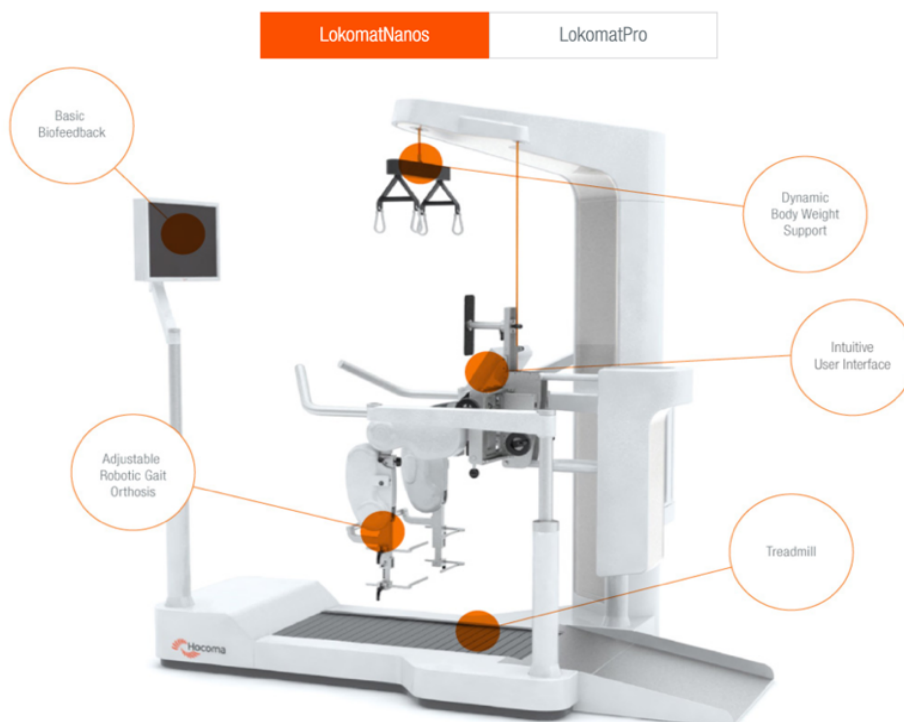


Figura 4: Aparell Lokomat per a nens

Aquest entrenament es basa en el principi d'aprenentatge sensoriomotriu i el principi d'entrenament en cinta de córrer aguantant el pes corporal. L'objectiu d'aquest entrenament requereix una simulació repetitiva de les diferents fases de la marxa i l'estimulació sensorial amb l'utilització de diferents feedbacks (22).

Un estudi realitzat per Tabea Aurich et al. (23) mostra milloria en la funció motora combinant el tractament convencional de fisioteràpia amb el RAGT. Tot i així, el tractament només amb RAGT no és superior que la combinació amb tractament convencional (23).

Diferents estudis del "Bodyweight supported treadmill training" (BWSTT) han mostrat una millora sobretot en pacients amb síndrome de Down (24), paràlisi cerebral (25) o lesions en la medul·la espinal (26).

L'aplicació de la teràpia assistida amb robots ha de tenir en compte diferents aspectes:

- Aspectes neuro-ortopèdics
- Indicacions específiques
- Severitat del trastorn de moviment d'acord amb els nivells GMFCS
- Objectius terapèutics per a nens o adolescents amb PCI (27).

Les consideracions generals per la pràctica clínica exposen criteris d'inclusió i exclusió per tal de poder aplicar l'aparell de manera segura en nens amb PCI. (27)

Uns dels criteris d'inclusió estan relacionats amb l'estructura i funció del cos (27):

- El RAGT s'aplica en nens des de 4 anys amb una llargària del fèmur d'almenys 21 cm. Aquesta mesura la podem mesurar amb la distància del trocànter major amb l'epicòndil lateral.
- El pes corporal del nen ha de ser superior a 15 kg.
- No hi han d'haver restriccions en el rang de moviment.
- La capacitat cognitiva dels nens dependrà de l'objectiu terapèutic de la sessió (27).

L'edat i la motivació dels nens serà un altre factor a tenir en compte a l'hora de dur a terme la sessió amb RAGT. Es recomana que l'edat mitja sigui de més de 5 anys per tal de dur a terme una sessió intensiva del programa (27).

També es té en compte el maneig del dolor. Molts dels pacients informen tenir dolor durant la teràpia, però quan porten realitzant-la 2-3 dies el dolor cedeix. Segons diferents estudis que s'han anat realitzant amb el temps, s'ha observat que el dolor apareix en les primeres sessions. Si el dolor és en ossos, articulacions o teixits tous s'haurà de millorar la postura del nen i corregir si té deformitats amb petits canvis. Si el dolor no millora, la teràpia amb RAGT s'ha d'aturar almenys un dia (27).

Un altre factor a tenir en compte és l'ús d'ortesis i sabates. La teràpia amb "Lokomat" és possible amb o sense ortesi. En pacients amb alteració de l'equilibri se'ls recomana portar ortesis individuals o plantilles a les sabates. La decisió de no portar ortesi durant la teràpia es relaciona amb la necessitat del pacient de dur l'ús d'ajudes en caminar durant la seva vida diària. Si no porten ortesi, han de portar sabates ben cordades i còmodes (27).

Poden haver diferències en la longitud de la cama funcional, que la pelvis estigui fora del pla frontal o bé que el peu de la cama més curta no tingui bon contacte amb la cinta de córrer. En algun d'aquests casos, una ortesi pot compensar el desequilibri fisiològic (27).

## 2.9.1 Indicacions específiques per la utilització del RAGT

No es recomana utilitzar la teràpia RAGT com a tractament exclusiu ja que hi ha manca d'evidència en la efectivitat en nens. Aquest entrenament assistit amb robots millora les funcions de l'activitat del cos en nens amb trastorns motors (27).

Pel que fa a l'aplicació clínica de la teràpia; la freqüència, intensitat i duració dependrà dels aspectes de cada pacient (27).

La següent taula (taula 1) descriu les indicacions i objectius en el nivell funcional del sistema ICF-CY segons cada nivell de GMFCS. Els aspectes més rellevants són la independència i la capacitat en caminar (27).





	Indications and goals according to the ICF-CY domain of function	GMFCS level I	GMFCS level II	GMFCS level III	GMFCS level IV	GMFCS level V
						
		ICF-CY functions include improvement and preservation of following skills				
A)	b770 Gait pattern functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>quality of gait</li> <li>gait variability</li> <li>fast initiation of motion</li> <li>symmetry of motion pattern</li> <li>intramuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quality of gait</li> <li>upper body position and control</li> <li>gait variability</li> <li>walking speed</li> <li>fast initiation of motion</li> <li>symmetry of motion pattern</li> <li>intramuscular coordination</li> <li>limb coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quality of gait</li> <li>upper body position and control</li> <li>adaptation of walking speed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>step initiation</li> <li>adjustment of gait cycle</li> </ul>	
B)	b715 Stability of joint functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>gait stability *</li> <li>intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gait stability *</li> <li>upper body position and control</li> <li>symmetry</li> <li>intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gait stability *</li> <li>upper body position and control</li> <li>symmetry</li> <li>intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>upper body position and control</li> <li>symmetry</li> <li>standing</li> <li>intermuscular coordination</li> </ul>	
C)	b760 Control of voluntary movement functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>control of motion pattern</li> <li>intra- and intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>standing stability **</li> <li>trunk erection and control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>standing stability **</li> <li>trunk erection and control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>standing stability **</li> <li>trunk erection and control</li> </ul>	
D)	b740 Muscle endurance functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>walking speed</li> <li>length of walking distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>walking speed</li> <li>length of walking distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>walking speed</li> <li>length of walking distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keep up erection of trunk</li> <li>standing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keep up erection of trunk</li> <li>standing</li> </ul>
E)	b730 Muscle power functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>strength endurance</li> <li>intra- and intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>strength endurance</li> <li>intra- and intermuscular coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>strength endurance</li> <li>keep up erection of trunk</li> <li>weight bearing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keep up erection of trunk</li> <li>weight bearing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keep up erection of trunk</li> <li>weight bearing</li> </ul>
F)	b735 Muscle tone functions	<ul style="list-style-type: none"> <li>muscle tone regulation</li> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muscle tone regulation</li> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muscle tone regulation</li> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muscle tone regulation</li> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muscle tone regulation</li> <li>range of motion</li> </ul>
G)	b455 Exercise tolerance functions		<ul style="list-style-type: none"> <li>endurance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>endurance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>endurance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>endurance</li> </ul>
H)	b710 Mobility of joint functions			<ul style="list-style-type: none"> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>range of motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>range of motion</li> </ul>
I)	b260 Proprioceptive functions			<ul style="list-style-type: none"> <li>body awareness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>body awareness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>body awareness</li> </ul>
J)	b110 Consciousness functions					
K)	b156 Perceptual functions					
	Not covered by the ICF-					

Figura 5: Indicacions, objectius i explicació detallada de la teràpia amb el robot Lokomat en la ICF-CY (International Classification of Functioning, Disability and Health, Children and Youth Version)



La cinta de córrer convencional presenta limitacions com l'exposició del fisioterapeuta al dolor físic, la necessitat de dos terapeutes, la limitació de la duració i intensitat i el feed-back limitat pel pacient i que el patró de la marxa no és ni reproduïble ni fisiològic (28).

Aquest seguit de limitacions suposen un retard en la millora de la marxa. Les noves tecnologies, com l'assistència robòtica poden facilitar l'adquisició o la millora de la marxa en pacients amb PCI (28).

## **2.10 Justificació**

S'ha observat que la repetició del moviment de la marxa amb assistència robòtica pot tenir un efecte beneficiós en la millora de les funcions locomotores i la postura del nen amb PCI (29). J.A van Hedel et al. coincideixen en el seu estudi en mostrar que la combinació de RAGT i teràpies convencionals incrementa el nombre de passes i per tant, hi ha una millora en la marxa (30).

Segons Y.Cherni et al. s'ha observat que l'entrenament amb assistència robòtica "Lokomat" millora les capacitats de la marxa i la força muscular en nens amb estadis primerencs (II i III) de l'escala GMFCS (31). Un altre estudi mostra que hi ha un increment en l'activitat muscular el qual implica millora de la marxa, un increment en la variabilitat de moviment i més participació activa que en programes en què només es duu a terme teràpia convencional (23).

Varis estudis determinen que hi ha una millora sobretot en la velocitat de la marxa i en les dimensions D i E (7), (32) . Per altra banda, hi ha estudis que han mostrat una millora lleugera en la velocitat de la marxa sense canvis significants en els paràmetres de la marxa, tan en el grup control com en el grup experimental (2).

Altres autors plantegen una proposta d'estudi i esmenten que molts programes de rehabilitació només busquen la qualitat de la marxa mentre que n'hi ha d'altres que insisteixen en millorar la funcionalitat de la marxa i l'augment en la participació de les ABVD en els nens amb PCI (33).

Tenint en compte la prevalença de 2 de cada 1.000 nens que neixen amb paràlisi cerebral (10) i la diversitat de tractaments utilitzats per a aquesta patologia (5), és necessari revisar l'evidència dels estudis quant a la teràpia assistida amb robots.

És per això que la marxa amb assistència robòtica pot possibilitar al nen amb paràlisi cerebral una marxa cada cop més autònoma de manera segura, i a més a més, una disminució en el temps de recuperació.

Aquest treball pretén revisar quins són els efectes que té la teràpia assistida amb robots per la millora de la marxa en nens amb PCI diplègica espàstica.

### **3. OBJECTIUS**

#### **3.1 Objectiu general**

Conèixer què aporta l'evidència científica sobre l'efectivitat del tractament amb teràpia assistida amb robots en nens amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica en els últims estudis publicats.

#### **3.2 Objectius específics**

Descriure els resultats funcionals en:

- Paràmetres temporoespacials
- Paràmetres cinemàtics
- Dimensions D (estar de peu) i E (córrer, saltar)

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Pregunta d'investigació

La pregunta d'investigació que es realitza seguint l'estratègia PICO, recomanada a l'hora de realitzar estudis científics, és (34):

És efectiva l'assistència robòtica com a tractament per la millora de la marxa en nens amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica?

Es va utilitzar el format PICO per construir l'estratègia de recerca. La següent taula (Taula 1) mostra els paràmetres plantejats en la recerca.

Taula 1: Taula PICO (Pacient, Intervenció, Comparació i Resultats)

<b>Pacient</b>	Nens d'edats entre 4 i 19 anys amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica
<b>Intervenció</b>	Assistència robòtica "Lokomat"
<b>Comparació</b>	Comparació amb grup control/tractament conservador de fisioteràpia o sense comparació
<b>Outcomes (resultats)</b>	Variacions en les medicions dels paràmetres temporoespacials, paràmetres cinemàtics i dimensions D i E

### 4.2 Recerca bibliogràfica

En tenir la pregunta d'investigació feta es va iniciar la recerca de bibliografia en bases de dades científiques com PubMed, Cinahl i la biblioteca Cochrane. La literatura dels articles seleccionats comprèn els últims deu anys fins al 2019.

### 4.3 Criteris d'inclusió i d'exclusió

Taula 2: Criteris d'inclusió

CRITERIS D'INCLUSIÓ	JUSTIFICACIÓ
Articles escrits en idioma anglès o bé castellà	La gran majoria dels articles en el camp de la salut són en anglès
Tractament amb assistència robòtica "Lokomat"	És la intervenció en la qual es basa la RS
El tipus d'estudi varia en els articles seleccionats	En aquesta RS s'han utilitzat tres estudis controlats aleatoritzats, un estudi no aleatoritzat, dos estudis de disseny de cas únic i un estudi retrospectiu i una breu comunicació (short communication)
Pacients infantils diagnosticats de PCI diplègica espàstica	Aquesta RS es basa en pacients amb aquest diagnòstic
Els pacients són nens o adolescents d'edats entre 4 i 19 anys	La RS es basa en nens i adolescents d'aquesta franja d'edats
Els estudis han de valorar variacions en la marxa i paràmetres relacionats	L'objectiu d'aquesta RS es basa en les variacions de paràmetres temporoespacials, cinemàtics i dimensions D i E
Estudis compresos entre els anys 2008-2018	Ja que estudis dels últims deu anys estan més actualitzats

Taula 3: Criteris d'exclusió

CRITERIS D'EXCLUSIÓ	JUSTIFICACIÓ
Articles que no es pugui accedir a text complet	Ja que sinó no es pot fer una lectura crítica de tots els apartats de l'article
Articles amb data de publicació anterior a l'any 2009	Com més anys té un article, menys actualitzat està el tema sobre el qual es fa la recerca
Tractament quirúrgic i injecció de toxina botulínica	Per tal de poder mesurar els efectes reals que té la teràpia assistida amb robot

#### **4.4 Paraules clau**

Els descriptors en ciències de la salut (DeCs) que s'han utilitzat són "cerebral palsy" i els seus sinònims o termes Mesh d'interès en la meua revisió sistemàtica:

- "Cerebral palsy, diplegic, infantile"
- "Cerebral palsy, spastic"
- "Spastic cerebral palsy"
- "Spastic diplegia"
- "Spastic diplegias"
- "Infantile cerebral palsy, diplegic"
- "Diplegia, spastic"
- "Diplegias, spastic"
- "Diplegic Infantile Cerebral palsy"

També es va utilitzar la paraula "robotic exoskeleton" (exosquelet robòtic, per referir-me a Lokomat) i els seus sinònims o termes Mesh:

- "Robotic exoskeleton"
- "Device, exoskeleton"
- "Devices, exoskeleton"
- "Exoskeleton devices"
- "Exoskeleton, robotic"
- "Exoskeletons, robotic"
- "Robotic exoskeletons"

A més a més, es va utilitzar la paraula "Child" o "Children" per trobar articles que estiguessin relacionats amb nens.

#### **4.5 Estratègies de recerca**

Un cop la pregunta d'investigació va ser formulada, es va dur a terme la recerca bibliogràfica en les bases de dades: Pubmed, Cinahl i Cochrane entre els mesos de desembre del 2018 i març del 2019.

En alguna estratègia de recerca es va evidenciar que hi havia alguns articles que eren els mateixos en les tres bases de dades utilitzades en la revisió.

##### **a) Pubmed**

L'estratègia de recerca va estar plantejada a través de cerca avançada amb la utilització dels termes "cerebral palsy" AND Lokomat. Es va utilitzar "Clinical Trial" com a filtre per al PubMed. El resultat va ser de 19 articles.

L'estratègia de recerca també es va plantejar amb els termes MeSH: "Cerebral palsy", "Rehabilitation", "Robotics" i "Child" i van ser combinats amb els operadors booleans AND i OR. Es va utilitzar "Clinical trial", "Free full text", "Last 10 years", "Humans", "Child" i "Infant" com a filtres per al PubMed. El resultat va ser de 9 articles.

A més a més, es va realitzar recerca en les bibliografies dels articles d'interès de tots els estudis per tal de trobar més articles que fossin útils per la realització d'aquest treball.

#### b) Cinahl

L'estratègia de recerca de Cinahl va ser a través de cerca avançada i amb la utilització dels termes "Cerebral palsy in children" (Abstract) AND "Robotics" (Abstract) OR "Lokomat" (Abstract) AND "gait training"(Abstract). Es van seleccionar estudis entre els anys 2008 i 2018 i amb resum disponible com a filtres. El resultat va ser de 65 articles.

#### c) Cochrane

L'estratègia de recerca de Cochrane va ser a través de cerca avançada i amb la utilització dels termes "Cerebral palsy" (title, abstract, keyword) AND "Robotics" (title, abstract, keyword) AND "Child" (title, abstract, keyword). Es va utilitzar "Clinical Trial" i estudis entre els anys 2008 i 2018 com a filtres i el resultat va ser de 56 articles.

Una altra estratègia de recerca utilitzada va ser amb la cerca avançada i amb la utilització dels termes "cerebral palsy" (title, abstract, keyword) AND "Lokomat" (title, abstract, keyword) AND "Child" (title, abstract keyword). Es va seleccionar "Clinical Trial" i estudis entre els anys 2008 i 2018 com a filtres i es va obtenir un total de 12 estudis.

Cercador	Estratègia	Filtres	Resultats
<b>PubMed</b> (Cerca avançada)	"cerebral palsy" AND Lokomat	"Assaig clínic"	19
<b>PubMed</b> (MeSH)	((("Cerebral Palsy"[Mesh] AND "Robotics"[Majr]) AND "Child"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh] AND (Clinical Trial[ptyp] AND "loattrfree full text"[sb] AND "2009/05/01"[PDat] : "2019/04/28"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms] AND ("infant"[MeSH Terms] OR "child"[MeSH Terms] OR "adolescent"[MeSH Terms]) OR "infant"[MeSH Terms]))	"Assaig clínic" "Text complet gratuït" "Últims 10 anys" "Humans" "Nens" "Infants"	9
<b>Cinahl</b> (Cerca avançada)	"Cerebral palsy in children" (Abstract) AND "Robotics" (Abstract) OR "Lokomat" (Abstract) AND "gait training"(Abstract)	"Últims 10 anys" "Resum disponible"	65
<b>Cochrane</b> (Cerca avançada)	"Cerebral palsy" (title, abstract, keyword) AND "Robotics" (title, abstract, keyword) AND "Child" (title, abstract, keyword)	"Assaig clínic" "Últims 10 anys"	56
<b>Cochrane</b> (Cerca avançada)	"cerebral palsy" (title, abstract, keyword) AND "Lokomat" (title, abstract, keyword) AND "Child" (title, abstract keyword)	"Assaig clínic" "Last 10 years"	12

Taula 4: Estratègia de recerca de la revisió



#### **4.6 Resultats de l'estratègia de recerca**

L'estratègia de recerca es va iniciar amb 140 estudis. En analitzar els títols i resums es van excloure 116 articles ja que no complien ni els criteris d'inclusió i exclusió ni estaven disponibles. A continuació, es va realitzar una lectura dels 24 articles restants i d'aquests últims només 8 articles van ser seleccionats i avaluats metodològicament. Es van incloure 8 estudis en aquesta revisió sistemàtica.

En la següent figura (Figura 6) es pot observar el diagrama de fluxe de l'estratègia de recerca en el qual s'explica el procediment per seleccionar els estudis a revisar.

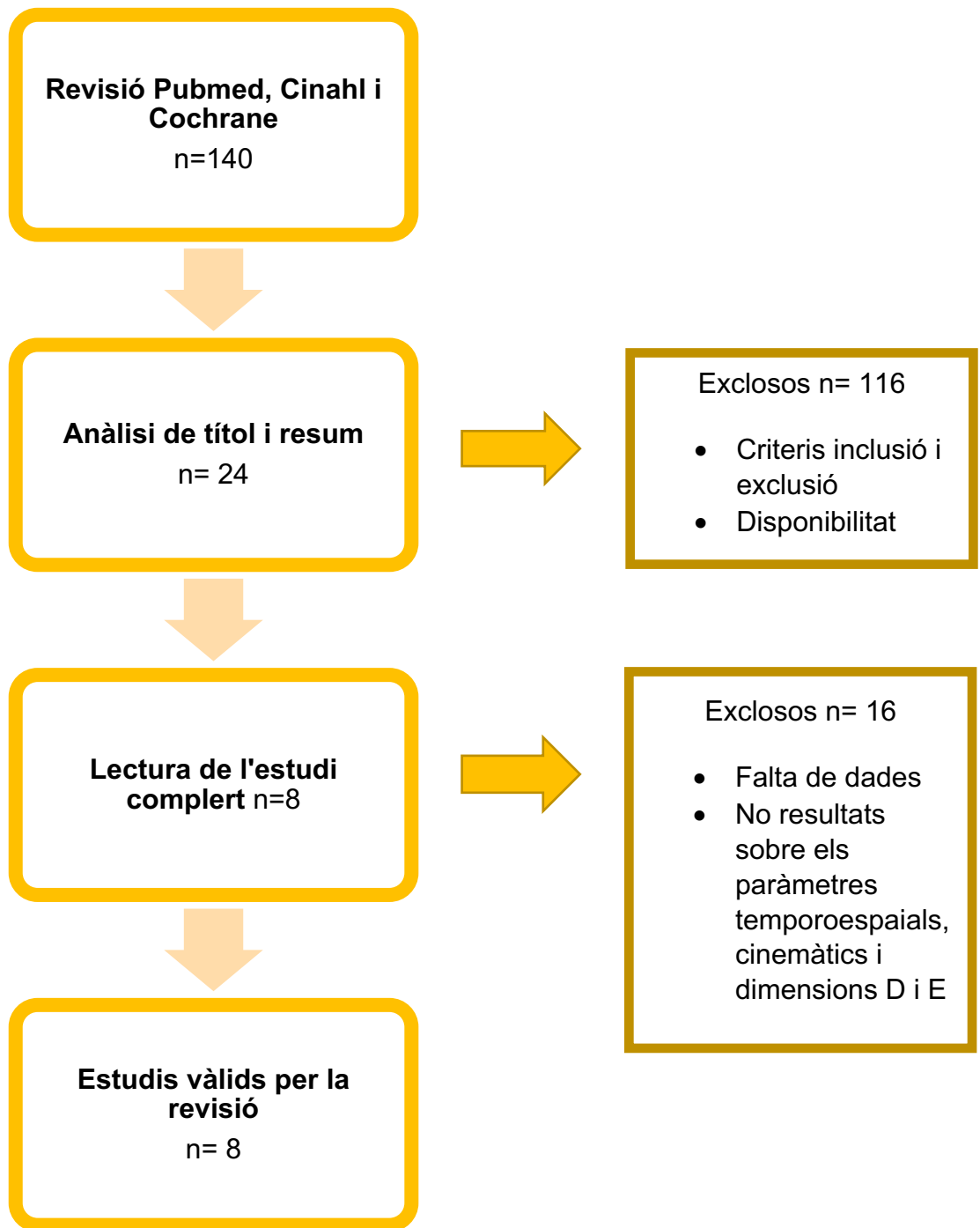


Figura 6: Diagrama de fluxe de l'estratègia de recerca

## **5. RESULTATS**

### **5.1 Descripció dels estudis inclosos**

#### **5.1.1 Taula de resultats**

En la següent taula (Taula 5) es pot observar un resum de tots els articles inclosos en la revisió sistemàtica.

Taula 5: Taula de resultats

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
<b>Yosra Chernia, et al. (2018)</b>	Breu comunicació	20	<p>Nens amb PCI bilateral (no grup control)</p> <p>Edat mitjana: 9.7 <math>\pm</math> 3.0 anys</p> <p>Nivell GMFCS II (n=9) i nivell II (n=11)</p>	2 sessions/ setmana (30-45 min) durant 12 setmanes	Tractament amb el programa d'entrenament robòtic (Lokomat Pediatric)	Pre-intervenció i post-intervenció	<p>Paràmetres temporoespais</p> <p>Força isomètrica del múscul</p> <p>Distància recorreguda</p>	<p>Escala Borg</p> <p>6 Meter Walk Test (6MWT) (resistència)</p> <p>Paràmetres temporoespais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocitat (m/s)</li> <li>• Ritme (passes/min)</li> <li>• Llargada de la passa (m)</li> <li>• Ajuda de l'extremitat (%)</li> </ul> <p>Força del múscul (Nm):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexió de maluc</li> <li>• Extensió de maluc</li> <li>• Flexió de genoll</li> <li>• Extensió de genoll</li> </ul>	<p>Augment velocitat de la marxa del 19.7% (+ 0.13 m/s, p = 0.002), llargada de la passa (+15.8%, p = 0.004), ritme (+6.6%, p = 0.029).</p> <p>Augment significatiu de la força isomètrica del múscul i la distancia en el 6MWT</p>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
<b>Hubertus J. A van Hendel et al. (2015)</b>	Estudi retrospectiu	67	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 57 nens amb PCI bilateral espàstica</li> <li>* 6 nens amb PCI atàxica</li> <li>* 2 nens amb PCI unilateral espàstica</li> <li>* 2 nens amb PCI distònica</li> </ul> <p>Rang d'edat: 3.9-19.9 anys</p> <p>Nivell GMFCS II (n=15), nivell III (n=23) i nivell IV (n=29)</p>	<p>3-5 sessions/setmana de RAGT + 4-5 sessions/setmana fisioteràpia convencional</p> <p>Intervenció del 2005-2013</p>	<p>Tractament amb RAGT (Lokomat) + fisioteràpia convencional</p> <p>Subgrups en el tractament segons el nivell de GMFCS</p>	Pre-intervenció i post-intervenció	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ajuda que necessita el nen per caminar</li> <li>* Dimensions D i E</li> <li>* Independència en les ABVD, mobilitat, cognició i autocura</li> <li>* Màxima velocitat de la marxa</li> <li>* Resistència en la marxa</li> </ul>	<p>Functional Ambulation Categories (FAC)</p> <p>Functional Independence Measure for Children (Weefim)</p> <p>Dimensions D (estar de peu) i dimensions E (caminar, córrer, saltar)</p> <p>10 Meter-Walk-Test (10 MWT)</p> <p>6MWT</p>	<p>Nens GMFCS nivell II no millora significativa</p> <p>Nens GMFCS III millorar mobilitat WeeFIM (p=0.01).</p> <p>Nens GMFCS IV millores en marxa i mobilitat WeeFIM (p=0.042), GMFM D (p=0.046) i GMFM E (p=0.028).</p> <p>Canvi del 3.0 al 4.0 en FAC (no significant)</p> <p>Millora velocitat significant i disminució nombre passes</p>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medicació	Efectes
<b>L.Wallard et al. (2017)</b>	Estudi controlat i aleatoritzat	30	<p>Nens amb PC bilateral espàstica i nivell GMFCS II</p> <p>Rang d'edat: 8-10 anys</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grup control (GC): 16 nens, 7♂ i 9♀ edats 9.6 <math>\pm</math> 1.7 any</li> <li>Grup experimental (GE): 14 nens 8 ♂ i 6 ♀ edats 8.3 <math>\pm</math> 1.2 any</li> </ul>	<p>GE: 20 sessions de 40' durant 4 setmanes de RAGT (Lokomat Pediatric) + teràpia física o ocupacional diària</p> <p>GC: NO sessions amb Lokomat Pediatric</p>	Tractament amb RAGT/ sessions de fisioteràpia o teràpia ocupacional diàries	<p>GC: al principi (T0) i al final (T1) de les 4 setmanes.</p> <p>GE: 3 dies abans (T0) i 3 dies després (T1) intervenció</p>	<p>Paràmetres temporoespacials</p> <p>Estabilitat postural</p> <p>Paràmetres cinemàtics</p>	<p>Paràmetres locomotors:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Paràmetres temporo-espacials marxa (velocitat, ritme, longitud i amplada de la passa)</li> <li>Índex d'estabilitat postural (GMFM test)</li> </ul> <p>Informació cinètica: correlació mitjana de l'interval de temps entre la trajectòria COM-COP i les forces propulsives entre eixos anterioposterior i mediolateral</p>	<p>Paràmetres temporo-espacials marxa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No diferències significatives entre T0 i T1 en el CG</li> <li>Diferències significatives entre T0 i T1 en el GE</li> <li>En la estabilitat postural: diferències significatives en el GE</li> <li>Diferència significants del test GMFM en el GC</li> </ul> <p>Informació cinètica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferències significatives en el GE .</li> <li>Millora de la postura i funcions locomotores del GE</li> <li>Millora en la velocitat de la marxa i llargada de la passa GE</li> </ul>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
I.Borggraefe et al. (2010)	Obert, no aleatoritzat, de tractament de referència	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 13 nens amb PCI diplègica espàstica</li> <li>* 1 nen amb PC espinal</li> </ul> <p>Edat mitjana: 8.2 ±5.4 anys</p>	12 sessions (4 sessions/setmana) de RAGT durant 3 setmanes	Tractament amb el programa d'entrenament robòtic (Lokomat)	<p>1-2 dies pre-intervenció i post-intervenció (3 setmanes).</p> <p>Measurements seguit (després de 6 mesos)</p>	<p>Dimensions D i E</p> <p>Velocitat de la marxa</p> <p>Resistència</p>	<p>GMFM</p> <p>10MWT</p> <p>6MWT</p>	<p>Immediat: (pre-int. - post-int.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Millora significant dimensió D (de 49.5% a 54.4%) i dimensió E (de 38.9% a 42.3%)</li> <li>• Millora velocitat marxa (de 0.80 m/s a 1.01 m/s) i resistència (de 187 m a 226 m)</li> </ul> <p>Curt termini: (post-int.- 6 mesos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Millora 7.3% dimensió D i millora 4.4% dimensió E</li> <li>• Millora velocitat marxa de 0.80 m/s a 1.11 m/s</li> <li>• Augment no significatiu resistència</li> </ul>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
<b>Mariusz Druzicki et al. (2013)</b>	Estudi controlat i aleatoritzat	52	<p>Nens amb PCI diplègica espàstica:            * GC: n=26.            9/26 completen el programa            * GE: n=26</p> <p>Edats entre 6 i 13 anys</p> <p>Nivells GMFCS de II i III</p>	<p>GE:20 sessions. RAGT de 45 minuts (Lokomat Pediatric) + programa individual exercicis</p> <p>GC: 20 sessions. programa individual exercicis</p>	Tractament amb RAGT (Lokomat Pediatric) + programa d'exercicis/ Programa d'exercicis	Pre-intervenció i post-intervenció	<p>Paràmetres temporoespaials</p> <p>Paràmetres cinemàtics</p>	<p>Paràmetres temporoespaials:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud en fase de recolzament (% del cicle de la marxa)</li> <li>Longitud en doble recolzament (% del cicle de la marxa)</li> <li>Amplitud mitjana passa (m)</li> <li>Velocitat mitjana passa (m/s)</li> <li>Longitud mitjana passa (m)</li> </ul> <p>Paràmetres cinemàtics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rang moviment pelvis en el pla coronal (°)</li> <li>Rang moviment pelvis en el pla sagital (°)</li> <li>Rang del moviment pelvis en el pla transvers (°)</li> <li>Valor adducció maluc durant fase de recolzament (°)</li> <li>Valor màxim extensió maluc durant la fase de recolzament (°)</li> <li>Valor màxim flexió maluc durant la fase de recolzament (°)</li> <li>Rang moviment maluc en el pla sagital (°)</li> </ul>	<p>No diferències significatives paràmetres temporoespaials.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fase de recolzament no canvi significatiu en GE mentre que en GC passa més llarga en extremitat esquerra.</li> <li>Pre-intervenció: no diferències significatives velocitat marxa (GC i GE). Post-intervenció: velocitat mitjana incrementa en els dos grups (p=0.5905)</li> <li>Pre-intervenció (GC i GE): no diferències significatives rang moviment pelvis (pla sagital). Post-intervenció: valors mitjans no estadísticament significants (p= 0.8676). En pla frontal, al final de l'estudi: canvi significativament major (p=0.0130).</li> <li>En GE: increment rang moviment maluc, velocitat marxa (r=0.48 i p=0.0035) i llargada passa (r=0.62, p=0.0001).</li> </ul>



AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
<b>A.Meyer-Heim et al. (2009)</b>	Disseny experimental d'un sol grup (disseny A-B)	22	<p>13♂ i 9♀ amb PC espàstica bilateral:            * Hospitalitzats: n=11            * Ambulatoris: n=11</p> <p>Mitjana d'edat: 8.6 anys (4-12 anys)</p> <p>Nivells en el GMFCS: II i IV</p>	<p>Pacients hospitalitzats:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>20 sessions de 45 minuts</li> <li>Duració: 4-5 setmanes</li> </ul> <p>Pacients ambulatoris:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>12 sessions de 60 minuts</li> <li>Duració: 3-4 setmanes</li> </ul>	<p>Pacients hospitalitzats:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RAGT + sessions de fisioteràpia, logopèdia, teràpia ocupacional i hipoteràpia (segons les necessitats del pacient)</li> </ul> <p>Pacients ambulatoris:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Només RAGT</li> </ul>	Pre-intervenció i post-intervenció	<p>Velocitat marxa</p> <p>Resistència</p> <p>Dimensió de i E</p> <p>Ajuda que necessita el nen per caminar</p>	<p>10- MWT</p> <p>6-MWT</p> <p>GMFM-66</p> <p>FAC</p>	<p>Entre grups (pacient hospitalitzat i ambulatori) no diferències en resultats.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Màxima velocitat marxa: millora de 0.78 a 0.91 m/s</li> <li>Distància recorreguda: millora de 176.3 (141.8) m a 199.5 (157.7) m</li> <li>Dimensió D augment del 6.3% i dimensió E no millora significativa</li> <li>FAC: millora del 2.6 (1.7) a 3.0 (1.6)</li> <li>Nens menys nivell de GMFCS: augment distància en caminar que nens amb major GMFCS</li> </ul>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medicació	Efectes
<b>I.Borggrafe et. al (2010)</b>	Disseny d'un sol grup (no grup control)	20	<p>10♂ i 10♀ amb PCI bilateral espàstica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>n=7: ús DGO Lokomat</li> <li>n=13: ús Paediatric Lokomat</li> </ul> <p>Edat mitjana: 11.0 ±5.1 anys (4.5-20.7)</p> <p>Nivells en el GMFCS: I i II (n=10), III i IV (n=10)</p>	<p>12 sessions RAGT de amb un límit de 50 minuts/ sessió</p> <p>Duració: 3 setmanes (4 sessions/setmana)</p>	<p>-</p> <p>Tractament amb RAGT:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>n=7: DGO Lokomat</li> <li>n=13: Paediatric Lokomat</li> </ul>	2-3 dies pre-intervenció i post-intervenció (3 setmanes després)	<p>Dimensió D i E</p> <p>Distància recorreguda</p>	<p>GMFM</p> <p>Km</p>	<p>Millora significant del 52.4% al 58.3% en la dimensió D (millora del 5.9%)</p> <p>Resultats similars (del 39.3% al 44.6%) en dimensió E.</p> <p>Pacients amb nivell GMFCS I i II van caminar més distància (16.2 km ±1.9, rang 13.6 – 19.2) que pacients amb GMFCS III i IV (10.8 km ±2.8, rang 5.7 – 15.0)</p>

AUTOR	TIPUS D'ESTUDI	MOSTRA (n)		INTERVENCIÓ			RESULTATS		
		N	Característiques	Freqüència	Tractament	Temps d'avaluació	Variables	Escales de medició	Efectes
<b>L.Wallard et al. (2017)</b>	Estudi controlat i aleatoritzat	30	<p>Nens amb PCI bilateral espàstica</p> <p>Edats entre 8-10 anys            * GE: n=14 (8♂ i 6♀).            Edat mitjana: 8.3 ± 1.2 anys</p> <p>* GC: n=16 (7♂ i 9♀).            Edat mitjana: 9.6 ± 1.7 anys</p>	<p>GE:</p> <p>* 20 sessions de RAGT (Lokomat Paediatric) durant 4 setmanes.</p> <p>* 5 sessions/setmana de 40 minuts.</p> <p>GC:</p> <p>* NO RAGT. Sessions diàries de fisioteràpia: mobilitzacions passivo-actives, treball equilibri</p> <p>* Duració: 40 minuts</p>	Tractament amb RAGT (Lokomat Paediatric)/ sessions de fisioteràpia	<p>GE: 3 dies pre-intervenció i 3 dies post-intervenció</p> <p>GC: pre-intervenció (T0) i post-intervenció (T1)</p>	<p>Dimensió D i E</p> <p>Paràmetres cinemàtics part superior del cos</p> <p>Paràmetres cinemàtics part inferior del cos</p>	<p>Test GMFM-66</p> <p>Paràmetres cinemàtics part superior cos (pla sagital):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Flexió i inclinació cap</li> <li>* Elevació espatlles,</li> <li>* Flexió/extensió de colze</li> <li>* Tòrax</li> <li>* Pelvis.</li> </ul> <p>Paràmetres cinemàtics part inferior cos (pla sagital):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Maluc (Angle en el contacte inicial, mínim angle en la fase de recolzament, màxim angle en la fase d'impuls)</li> <li>* Genoll (Angle en el contacte inicial, mínim angle en la fase de recolzament, màxim angle en la fase de recolzament, mínim angle en la fase d'impuls)</li> <li>* Turmell (Angle en el contacte inicial, màxim angle en la fase de recolzament, mínim angle en la fase de recolzament, màxim angle en la fase d'impuls).</li> </ul>	<p>Millora significant per GE i GC en T1 en la dimensió D (60.58% ± 14.71 per T1-GE vs. 55.74% ± 15.02 per T1-GC).</p> <p>En la dimensió E, trobem un 50.87% ± 15.82 per al T1-GE vs 43.61% ± 12.59 per T1-GC</p> <p>* Paràmetres cinemàtics:</p> <p>No millores significants en T0.</p> <p>Diferències significatives en T1 en paràmetres cinemàtics de la part superior del cos (cap, espatlla i colze) i en la part inferior (genoll i turmell).</p>

### **5.1.2 Característiques de la mostra**

Els estudis van incloure un total de 255 participants. La mida de la mostra va variar segons l'estudi des d'un mínim de 14 a un màxim de 67 nens. Les edats dels nens estaven compreses entre 4 i 19 anys.

Tots els participants van ser nens que presentaven paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica excepte en l'estudi de H. Van Hedel et al. (30) el qual de 67 nens: 57 presentaven PCI diplègica espàstica, 6 PCI atàxica, 2 PCI unilateral espàstica i 2 PCI distònica. En un altre estudi dut a terme per I.Borggraefe et al. (35) els nens també van ser classificats segons el tipus de PCI: 13 presenten PCI diplègica espàstica i només un paràlisi espinal. A més a més, en gairebé cada estudi els nens van estar classificats segons el nivell de GMFCS (I, II, III i IV).

En alguns estudis com en el de Y.Cherni (31), H. Van Hedel (30), I.Borggraefe (35) i M.Druzicki (36) no divideixen els seus participants en nens de sexe masculí i sexe femení. En canvi, en la resta d'estudis divideixen els nens i nenes sense fer distinció de sexe en fer l'aleatorització.

### **5.1.3 Característiques dels tipus d'estudis**

Els 8 articles que s'han utilitzat per dur a terme aquesta RS són diferents tipus d'estudis.

Per una banda, els estudis de L.Wallard (29,37) i M.Druzicki (36) són estudis de tipus ECA.

Per altra banda, altres estudis com l'estudi de Y.Cherni (31) és una breu comunicació, el de H.Van Hedel (30) és de tipus retrospectiu, l'estudi de I.Borggraefe (35) és un estudi obert, no aleatoritzat de tractament de referència i els estudis de A.Meyer-Heim (32) i un altre estudi de Borggraefe (7) són estudis de disseny d'un sol grup (single group).

El total d'aquests estudis han estat publicats entre l'any 2008 i l'any 2018 (últims 10 anys).

#### 5.1.4 Escales de valoració i temporització de l'avaluació

En els estudis inclosos en aquesta revisió sistemàtica s'avaluen diferents paràmetres funcionals com ara els temporoespacials i cinemàtics, les dimensions D (estar de peu) i E (córrer, saltar), la força del múscul, l'estabilitat postural, la resistència en la marxa, la independència en les ABVD, mobilitat, cognició i auto-cura i la quantitat d'ajuda que necessita el nen per caminar.

Els períodes d'avaluació en els estudis normalment eren 1 o 3 dies abans i després de la intervenció excepte en l'estudi d'I.Borggraefe et al. (35) que es van realitzar mesures de seguiment després de 6 mesos.

La següent taula (Taula 6) mostra les variables i escales de valoració dels diferents estudis.

Taula 6: Variables i escales de valoració dels estudis

Variable	Escales de valoració
Paràmetres temporoespacials (7,29,31,32,35,36)	Velocitat de la marxa (m/s), ritme (passes/min) i llargada (m) i amplitud (m) de la passa
Paràmetres cinemàtics (29,36,37)	Interval de temps entre trajectòria COM-COP, rang de moviment i diferència en els angles en pelvis, maluc, genoll i turmell
Força muscular (31)	Nanòmetre
Estabilitat postural (29)	GMFM test (Gross Motor Function Measure)
Velocitat de la marxa (30,32,35)	10MWT (10 Meter Walking Test)
Resistència en la marxa (30–32,35)	6MWT (6 Meter Walking Test)
Dimensió D i E (7,30,32,35,37)	Test GMFM-66 (Gross Motor Function Measure)
Capacitat de deambular amb/sense ajuda (30,32)	Escala FAC (Functional Ambulatory Classifier) (Annex 1)
Independència en les ABVD, mobilitat, cognició i auto-cura (30)	Functional Independence Measure for Children (Weefim)

















































### **5.1.5 Avaluació del risc de biaix dels articles inclosos**

Un cop seleccionats els estudis es va avaluar el risc de biaix dels articles que es van incloure. Aquesta avaluació es va dur a terme mitjançant una eina anomenada “The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomized trials” (38). Aquesta es basa en els biaixos següents:

1. Biaix de selecció
  - Generació de la seqüència
  - Ocultació de l’assignació
2. Biaix de realització:
  - Cegament dels participants i dels executors
3. Biaix de desgast
  - Dades de resultats incompletes
4. Biaix de detecció
  - Cegament de l’avaluació dels resultats
5. Biaix de notificació
  - Notificació selectiva dels resultats

La següent taula (Taula 7) mostra un resum del biaixos que presenten els estudis avaluats amb una valoració que conté diferents riscos de biaix: alt risc, risc incert i baix risc. Mitjançant aquesta avaluació es pot obtenir informació de la qualitat de cada estudi als lectors (Annex 2).

Taula 7: Avaluació del risc de biaixos

BIAIX								
Estudi	Y.Cherni et al. (2018)	H. Van Hedel et al. (2015)	L.Wallard et al. (2017)	I.Borggraefe et al. (2010)	M.Druzicki et al. (2013)	A.Meyer-Heim et al. (2009)	I.Borggraefe et al. (2010)	L.Wallard et al. (2017)
Generació de la seqüència								
Ocultació de l'assignació								
Cegament dels participants i executors								
Cegament dels avaluadors								
Dades de resultats incomplets								
Notificació selectiva								



Alt risc



Risc incert



Risc baix

### **5.1.6 Descripció dels resultats dels estudis inclosos**

Els estudis seleccionats en aquesta revisió sistemàtica van analitzar diferents efectes i van utilitzar diferents escales de valoració per tal avaluar-los en nens amb PCI diplègica espàstica amb limitació en la marxa.

El paràmetre relacionat amb la quantitat d'ajuda en la deambulació, el qual només va ser analitzat en dos de vuit estudis i la independència en les ABVD i la mobilitat que només va ser analitzat per un autor, s'han analitzat com altres paràmetres ja que aquests estan limitats per la manca d'estudis que els corroboren.

#### **5.1.6.1 Paràmetres temporoespais**

La majoria d'estudis d'aquesta revisió van analitzar aquesta variable mitjançant la velocitat de la passa, el ritme, la llargada i l'amplitud de la passa i l'ajuda de l'altra extremitat.

El primer estudi que va analitzar aquest paràmetre va ser el de Y.Cherni et al. (31) en el qual el programa d'entrenament robòtic es va realitzar dos dies a la setmana (sessions de 30-45 minuts/dia) durant 12 setmanes. Els resultats obtinguts van ser un augment en la velocitat de la marxa del 19.7%, un augment en la llargada de la passa del 14% i en el ritme del 7%.

L'estudi controlat i aleatoritzat de L.Wallard et al. (29) que va durar 4 setmanes va mostrar que no hi van haver diferències significatives en el grup control, però sí que hi va haver un augment dels paràmetres temporoespais en el grup experimental el qual sí rebia sessions de RAGT i de teràpia física o ocupacional.

En l'estudi de I.Borggraefe et al. (35) es va observar de forma immediata una millora en la velocitat de la marxa augmentant de 0.80 m/s a 1.01 m/s i de la resistència de 187 a 226 m. A curt termini es va veure que hi va haver una millora també de la velocitat de la marxa (de 0.80 m/s a 1.11 m/s) tot i que no hi va haver un augment significatiu en la resistència.



En la intervenció de M.Druzicki et al. (36) la qual 26 nens del grup experimental van rebre 20 sessions de RAGT de 45 minuts i un programa individual d'exercicis i el grup control que només van completar l'estudi 9 nens i només duia a terme un programa individual d'exercicis, no es van observar diferències significatives en els paràmetres temporoespacials.

En l'estudi experimental de cas únic de A.Meyer-Heim et. al (32) format per pacients hospitalitzats i pacients ambulatoris es va observar un augment en la velocitat de la marxa (millora de 0.78 a 0.91 m/s en els dos grups) i en la distància recorreguda. L'estudi va concloure amb què els nens amb menys nivell de GMFCS caminaven més distància que els nens amb un nivell de GMFCS major.

Finalment, en un altre estudi de I.Borggraefe et al. (7) de disseny de cas únic es va observar també que els nens amb nivells de GMFCS baixos van caminar més distància (mitjana de 16.2 km) que nens amb nivells GMFCS III i IV (mitjana de 10.8 km).

#### **5.1.6.2 Paràmetres cinemàtics**

En l'article de L.Wallard et. al (29), els paràmetres cinemàtics es descriuen com el coeficient de correlació i l'interval de temps entre la trajectòria COM (Centre de massa) – COP (Centre de pressió) i les forces propulsives entre els eixos anterioposterior (Y) i mediolateral (X). En el grup experimental es van observar diferències significatives després de la intervenció en la duració i en el coeficient de correlació. L'estudi també va mostrar que la distància entre COM-COP al llarg de l'eix anterioposterior va augmentar després de RAGT. Aquest fet es va relacionar amb un increment en la velocitat i la llargada de la passa.

Altres línies d'investigació, com en l'estudi de M.Druzicki et al. (36) suggereixen que els paràmetres cinemàtics es relacionen amb el rang de moviment de la pelvis en el pla coronal, sagital i transvers, el rang de moviment del maluc en el pla sagital, el valor d'adducció del maluc durant la fase de recolzament i el valor màxim de flexió i extensió de maluc durant la fase de recolzament. Els resultats mostren que no hi va haver canvis significatius en la fase de recolzament en el GE mentre que en el GC la passa va ser més llarga en la extremitat esquerra.

També es va veure que en el període post-intervenció els valors mitjans del rang de moviment de la pelvis en el pla sagital no van ser significants a diferència del pla frontal, que al final de l'estudi hi va haver un canvi major. En el grup experimental el rang de moviment del maluc va incrementar amb un conseqüent augment de la velocitat de la marxa i la llargada de la passa.

Finalment, en l'estudi de L.Wallard et al. (37) els paràmetres cinemàtics es van analitzar tant en la part superior del cos com en la part inferior en el pla sagital, per tal d'analitzar aquests paràmetres anteriors en la coordinació pel control de l'equilibri dinàmic durant la marxa. En la part superior s'observava la flexió i la inclinació del cap, l'elevació d'espatlles, la flexo/extensió de colze, el tòrax i la pelvis. En la part inferior es va observar l'angle de contacte inicial, tenint en compte el mínim angle en la fase de recolzament i el màxim angle en la fase d'impuls del maluc, genoll i turmell. Els resultats van mostrar diferències significatives en els paràmetres cinemàtics de la part superior en el cap, espatlla i colze i en la part inferior en el genoll i turmell. La informació en el tòrax, pelvis i angles del maluc no van mostrar diferències significatives.

#### **5.1.6.3 Dimensions D i E**

Les dimensions D i E van ser analitzades en quatre de vuit estudis i valorades per l'escala GMFM (Gross Motor Function Measure). La dimensió D consisteix en estar i mantenir-se de peu i la dimensió E consisteix en la capacitat de caminar, córrer i saltar.

Pel que fa l'estudi de H.Van Hedel et al. (30), el tractament es va dividir en subgrups segons el nivell de cada nen en el GMFCS i aquests rebien tractament amb RAGT i com a complement fisioteràpia convencional. L'estudi va mostrar que els nens amb nivell més alt de GMFCS (en aquest cas, de IV) van obtenir una millora tan en la dimensió D com en la E.

En l'estudi de I.Borggraefe et al. (35) les dimensions D i E també van ser analitzades i avaluades mitjançant l'escala de medició GMFM. Aquest estudi no aleatoritzat i obert duu a terme com a intervenció el programa d'entrenament robòtic "Lokomat" durant 3 setmanes (4 sessions setmanals). Els resultats

mostren que a nivell immediat hi ha una millora significant en la dimensió D (de 49.5% a 54.4%) i E (de 38.9% a 42.3%) i també a curt termini en la dimensió D d'un 7.3% i E d'un 4.4%.

A.Meyer-Heim et al. (32) també va analitzar les dimensions D i E en el seu disseny experimental de cas únic amb una participació en l'estudi de 22 nens. Els participants van ser dividits en pacients hospitalitzats i pacients ambulatoris (només rebien RAGT a comparació dels hospitalitzats, que rebien sessions de fisioteràpia, logopèdia, teràpia ocupacional). Els resultats van ser els mateixos en ambdós grups i van ser d'un augment en la dimensió D del 6.3% i sense millores significatives en la dimensió E.

En un estudi diferent a l'anterior d'I.Borggraefe et al. (7) el qual era un disseny de cas únic sense grup control, es va observar un augment considerable que anava del 52.4% al 58.3% en la dimensió D (millora del 5.9%) i els resultats en la dimensió E que van ser també similars (del 39.3% al 44.6%).

Per últim, en un estudi controlat i aleatoritzat de L.Wallard et al. (37) el qual els pacients del grup control només rebien sessions de fisioteràpia a diferència dels nens del grup experimental que van dur a terme 20 sessions de "Lokomat" durant 4 setmanes, es va poder observar una millora significant tan en el GE com en el GC en la dimensió D. Pel que fa a la dimensió E, que també va tenir un augment considerable, es va observar millor resultat en el GE.

#### **5.1.6.4 Altres paràmetres**

##### **Ajuda en la deambulació**

La quantitat d'ajuda necessària en la marxa es va analitzar mitjançant l'escala de valoració FAC (Functional Ambulation Categories) en dos dels estudis d'aquesta revisió.

El primer estudi que analitza aquesta variable, el qual va estar realitzat per H.Van Hedel et al. (30), la variable mostra un canvi de 3.0 a 4.0, és a dir, el canvi no va ser significant ( $p=0.053$ ).

En l'altre estudi de A.Meyer-Heim et al. (32) que també va analitzar l'ajuda necessària pel nen en la marxa es va observar un increment del 2.6 a 3.0, el qual tampoc va ser prou significat ( $p=0.063$ ).

### **Independència en les ABVD i mobilitat**

Aquesta variable va ser mesurada mitjançant la Functional Independence Measure for Children (Weefim) i només va ser analitzada en un dels estudis, realitzat per H.Van Hedel et al. (30).

Aquest estudi va mostrar millores significants en ítems com caminar i les transferències així com també en la mobilitat. Els nens amb GMFCS de nivell II no van presentar una millora significativa, en nens amb nivell III hi va haver una millora en la mobilitat i finalment en nens amb GMFCS IV van presentar millores en la marxa i en la mobilitat.

## 6. DISCUSSIÓ

L'objectiu d'aquesta RS era conèixer què aporta l'evidència científica sobre l'efectivitat del tractament amb teràpia assistida amb robots en nens amb paràlisi cerebral infantil diplègica espàstica en els últims estudis publicats. En aquesta revisió s'analitzen els paràmetres temporoespacials i cinemàtics i dimensions D i E. Els estudis inclosos en aquesta RS, que van ser 8, presenten escassa qualitat metodològica la majoria dels casos. En alguns dels casos, es van observar millores o resultats positius. En gairebé tots els estudis es va analitzar una mostra petita, que anava de 14 a 67 nens.

Tots els estudis utilitzen RAGT com a intervenció principal o bé com a combinació amb un programa individual d'exercicis (fisioteràpia convencional).

### 6.1 Paràmetres temporoespacials

Tenint en compte els paràmetres temporoespacials, s'ha evidenciat que hi ha controvèrsia en els resultats dels estudis analitzats.

Per una banda, l'estudi de Y.Cherni et al. (31) mostra millores en la velocitat (+0.13 m/s,  $p=0.002$ ), llargada de la passa (+15.8%,  $p=0.004$ ) i ritme (+6.6%,  $p=0.029$ ) i conclou que els nens amb nivells del GMFCS de II i III l'entrenament amb assistència és beneficiós per la millora de les habilitats motrius. En l'estudi de I.Borggraefe et. al (7) els nens amb nivells més baixos del GMFCS (I, II) van recórrer 16.2 km (els nens amb GMFCS III i IV van recórrer 10.8 km) i en l'estudi de A.Meyer-Heim et. al (32) els nens amb GMFCS baixos van recórrer 16,3 km (nens amb nivells alts van recórrer 11.4 km). Els dos autors anteriors coincideixen amb Y.Cherni et al. (31) en què els nens amb nivells baixos del GMFCS (I, II) van recórrer més distància que els nens amb nivells més alts (III i IV).

L.Wallard (29) et al. que va dur a terme com a intervenció RAGT i fisioteràpia convencional coincideix de la mateixa manera en els resultats de l'estudi de Y.Cherni et al. (31) ja que hi va haver un augment significatiu en els paràmetres temporoespacials, sobretot en la velocitat ( $T_0= 0.84$  m/s,  $T_1=0.96$  m/s) i llargada

de la passa (Peu Esquerra: T0= 0.38 m, T1= 0.43 m Peu dret: T0= 0.42 m, T1= 0.45 m) que van fer que disminuís la cadència ( $p=0.043$ ) i amplada de la passa (peu esquerra  $p=0.029$ , peu dret  $p=0.022$ ), amb més control dinàmic de la marxa.

Així mateix, en l'estudi de I.Borggraefe et al. (35) també es va observar de forma immediata que la velocitat (de 0.80 m/s a 1.01 m/s) i la resistència (de 187 m a 226 m) augmentaven, tot i que en els efectes a curt termini, només va augmentar la velocitat (de 0.80 m/s a 1.11 m/s).

Per altra banda, l'estudi de M.Druzicki et al. (36) exposa que no hi va haver millores significatives en els paràmetres temporoespacials ja que els resultats no van ser prou significatius després de la intervenció (velocitat en T0  $p=0.8$ , velocitat en T1  $p=0.72$ ). Aquest fet pot ser causat per una heterogeneïtat en la mostra, pels diferents mètodes utilitzats en la millora de l'activitat durant els protocols (reducció del suport del pes corporal, increment de la velocitat de la marxa, reducció de la orientació de la força) o bé per la passivitat dels nens en dur l'ortesi robòtica per la marxa.

## **6.2 Paràmetres cinemàtics**

En revisar els efectes en els paràmetres cinemàtics, es van poder observar varies similituds en els resultats finals com la velocitat i llargada de la passa, tot i que cada estudi analitza variables diferents i en conseqüència no es poden acabar d'arribar a resultats equiparables i que es puguin contrarestar.

Per una banda, l'estudi de L.Wallard et al. (29) mostra un augment en el GE de la distància entre el COM-COP de l'eix anteroposterior el que fa que es relacioni amb un augment de la velocitat i la llargada de la passa. En aquesta línia, coincideix l'estudi de M.Druzicki et al. (36) en l'augment dels paràmetres cinemàtics amb conseqüent augment de la velocitat i llargada de la passa. A diferència de L.Wallard et al. (29), que va analitzar la distància entre el COM-COP, M.Druzicki et al. (36) va analitzar els rangs de moviment en diferents articulacions. Aquests paràmetres van mostrar que després de la intervenció els valors del rang de moviment de la pelvis en el pla sagital no van ser significatius tot i que en els del pla frontal hi va haver un canvi major. En el GE, el rang de

moviment del maluc va augmentar amb un conseqüent augment de la velocitat de la marxa i la llargada de la passa.

Per altra banda, l'estudi de L.Wallard et al. (37) observa que hi ha diferències significatives en la part superior del cos (cap, espatlla, colze) i la part inferior (genoll i turmell). Aquest fet ens suggereix que un millor control de les EESS s'associa amb una millor cinemàtica de les extremitats inferiors. També s'observa en l'intragrup una millora de l'equilibri dinàmic, que es pot associar amb la millora de la part superior, el sistema vestibulo-ocular, que està directament lligat a les funcions de l'equilibri.

### **6.3 Dimensió D i E**

Els quatre estudis que van analitzar les dimensions D i E van coincidir en major part dels resultats obtinguts.

En l'estudi d'I.Borggraefe et al. (35) es va observar millora en la dimensió D i E tan a nivell immediat com a curt termini. De la mateixa manera, l'estudi de A.Meyer-Heim et. al (32) va coincidir amb la millora de la dimensió D, tot i que en la dimensió E no hi va haver millores significatives (en els dos grups de pacients: ambulatoris i hospitalitzats).

Tanmateix, en l'estudi de I.Borggraefe et al. (7) hi va haver un augment considerable en la dimensió D i E, ja que hi va haver una millora en les tasques específiques en els paràmetres de la marxa i com a resultat final una estabilització en la postura, així com també l'estudi de L.Wallard (37) que hi va haver una millora significant en la dimensió D (en el GE i GC) i un augment en la dimensió E sobretot en el GE.

Altrament, l'estudi de H.Van Hendel et al. (30) va exposar que concretament els nens amb nivell més alt de GMFCS (nivell IV), van obtenir una millora tan en la dimensió D com en la E.

## **6.4 Altres paràmetres**

### **Ajuda en la deambulació**

Aquesta variable va ser estudiada en dos dels estudis inclosos en la RS i es corrobora que aquests dos mostren similituds entre ells.

L'autor H. Van Hendel et al. (30) exposa que hi ha un canvi de 1 punt en l'escala FAC (de 3 a 4) el qual no és prou significatiu. Els valors ens mostren que el nen és capaç de deambular independentment en la comunitat. Similarment, l'estudi de A. Meyer-Heim et al. (32) mostra que els valors en l'escala FAC augmenten un 0'4 (de 2'6 a 3), fet que no sigui prou significatiu. Aquest valor informa que el nen és capaç de caminar pels voltants de la casa o del barri. Per tant, els dos estudis mostren similituds en el fet que els valors de l'escala FAC no són superiors a 1 punt.

### **Independència en les ABVD i mobilitat**

La independència en les ABVD i mobilitat només va ser analitzada en un estudi, realitzat per H. Van Hendel et al. (30). En aquest estudi hi va haver millores significatives en caminar, en les transferències i en la mobilitat. Els nens amb nivell II no van millorar significativament, els nens amb nivell III van tenir una millora en la mobilitat i per últim, els nens amb nivell IV van tenir millores en la marxa i en la mobilitat.

## **6.5 Limitacions**

En el procés d'elaboració d'aquesta revisió sistemàtica s'han observat diverses limitacions que han compromès la validesa i fiabilitat dels resultats:

- No s'han pogut incloure en aquesta revisió els articles que no s'hi podia accedir gratuïtament, per tant, el nombre d'articles es va reduir.
- Només s'han inclòs estudis que estaven disponibles en anglès i castellà. Qualsevol estudi publicat en una altra llengua no s'ha pogut incloure en la revisió.



- Els articles seleccionats no tenen un mateix disseny d'estudi i un d'ells és una breu comunicació. Aquest fet podria repercutir en la revisió ja que la informació en la breu comunicació és limitada.
- El fet d'enumerar un seguit de criteris d'inclusió i exclusió ha fet que molts articles no poguessin ser inclosos i per tant, es pogués perdre informació.
- Alguns dels articles seleccionats no presenten grup control per tant, és possible que la revisió pogués presentar certs biaixos i la fiabilitat disminuís.
- La revisió presenta articles que s'excedeixen en el nombre pacient i, per altra banda, hi ha estudis que presenten un nombre de pacients limitats. Això podria repercutir en la qualitat de la revisió.
- Alguns dels estudis no presenten un bon control i aleatorització dels participants, per tant, la revisió podria presentar certs biaixos.
- Les variables dels estudis no són les mateixes en tots ells, fet que podria repercutir a l'hora d'analitzar els resultats i extreure'n conclusions.
- Pocs estudis tenen en compte els paràmetres com la quantitat d'ajuda que necessita el nen per deambular i la independència en les ABVD i la mobilitat, per tant, no se'n poden extreure conclusions ja que hi ha estudis limitats que les analitzin.

## 7. CONCLUSIONS

L'assistència robòtica ens ofereix a dia d'avui la possibilitat de contemplar les diferents teràpies assistides de manera artificial com una possibilitat en la pràctica clínica en infants amb paràlisi cerebral.

Tenint en compte l'objectiu general plantejat es pot concloure que:

- En la majoria dels estudis d'aquesta RS la teràpia assistida amb robòtica té efectes beneficiosos en la marxa en nens amb PCI diplègica espàstica.
- No obstant, alguns d'aquests estudis suggereixen que RAGT amb combinació de fisioteràpia convencional poden tenir més efectivitat en el tractament de la PCI, especialment en nens amb nivell GMFCS de nivell I i II (37), (30).

Pel que fa a l'objectiu específic d'aquesta RS es pot acabar conclouent que:

- Aquests beneficis s'han pogut observar en l'augment dels paràmetres temporoespacials (velocitat, longitud de la passa i distància recorreguda) i en l'increment del rang de moviment de les articulacions en extremitats superiors (EESS) i EEII en quant als paràmetres cinemàtics.
- En les dimensions D i E, els paràmetres no acaben de ser clars en els estudis. No obstant, alguns dels articles afirmen una millora en ambdues dimensions.

En definitiva, una major quantitat d'estudis controlats i aleatoritzats, amb una mostra més gran i d'estudis que siguin de qualitat són necessaris per tal de poder confirmar l'efectivitat de la teràpia assistida amb robots ja que l'evidència científica actual es veu limitada per aquests aspectes (39), (40).

## 8. IMPLICACIONS SANITÀRIES

En aquest tipus de teràpia és important que tant els pares o cuidadors com els nens amb PCI es familiaritzin amb la teràpia assistida amb robots, ja que aquesta en un primer moment pot causar frustració, avorriment, desconfort o bé ansietat. Així doncs, també s'ha de tenir en compte el funcionament de l'aparell "Lokomat" i l'òptim patró de la marxa individualitzat per a cada nen. (41)

És per això que s'haurien d'establir un seguit de recomanacions d'ús de l'aparell per tal que l'aplicació d'aquesta tecnologia, en aquest cas en nens, pugui ser segura, els protocols puguin ser efectius i que la freqüència, intensitat i les dosis aplicades en cada cas puguin ser òptimes (42).

Un altre fet rellevant a tenir en compte és plantejar-se si seria possible comprar i/o bé subvencionar l'assistència robòtica per als centres públics o fins i tot a nivell privat, ja que l'alt cost de l'aparell podria ser un inconvenient (aproximadament 580.000€). Aquest fet suposaria un avenç i una neurorehabilitació més ràpida i amb efectes beneficiosos en pacients amb afectacions neurològiques, i, en aquest cas, en nens amb paràlisi cerebral.

Per altra banda, considero que és important que en futures investigacions es comprovi si aquest tipus de tractament podria ser factible, no només en nens amb PCI diplègica espàstica, sinó que també en altres tipus de paràlisi i inclús en persones amb afectacions neurològiques.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Pascual-Castroviejo I. Plasticidad cerebral. *Rev Neurol*. 1996;24(135):1361–6.
2. Snela S, Czernuszenko A, Zak E, Szczepanik M, Bonikowski M, Durmala J, et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2013;45(4):358–63.
3. Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview. *Indian J Pediatr*. 2017;85(11):1006–16.
4. Hallman-Cooper JL, Scott A. Cerebral Palsy [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2019 [cited 2019 Apr 1]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30844174>
5. Hughes S, Blayden C. Management Of Cerebral Palsy In Children: A Guide For Allied Health Professionals Summary The Management of Cerebral Palsy in Children-A Guide for Allied Health Professionals Policy manual Patient Matters Manual for Public Health Organisations Status Acti. 2018.
6. Barbeau H. Locomotor Training in Neurorehabilitation: Emerging Rehabilitation Concepts. *Neurorehabil Neural Repair*. 2003;17(1):3–11.
7. Knecht B, Meyer-Heim A, Dabrowski E, Klaiber M, Borggraefe I, Schaefer JS, et al. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2010;14(6):496–502.
8. Bax M, Frcp DM, Rosenbaum P, Dan B, Universitaire H, Fabiola R, et al. Review Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Exec Comm Defin Cereb Palsy*. 2005;(April 2005):571–6.
9. Keith RC Mac, Mackenzie ICK, Polani PE. Memorandum on terminology and classification of “cerebral palsy.” *Dev Med Child Neurol*. 2008;1(5):27–35.
10. Neil Wimalasundera VLS. Cerebral Palsy. *Encycl Neurol Sci*. 2016;687–90.
11. McIntyre S, Taitz D, Keogh J, Goldsmith S, Badawi N, Blair E. A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55(6):499–508.

12. Hurtado IL. La parálisis cerebral. Actualización del Concepto diagnóstico y tratamiento. *Pediatr Integr*. 2007;687–98.
13. Argüelles PP. Parálisis cerebral infantil. *Steaua*. 2008;19(4):1968.
14. Gough M. Spasticity in children with cerebral palsy: what are we treating? *Dev Med Child Neurol*. 2018;60(7):638.
15. Vivancos-matellano F, Pascual-pascual SI, Nardi-villardaga J, Miquel-rodríguez F. Guía del tratamiento integral de la espasticidad. 2007;45(6):365–75.
16. Robaina Castellanos G, Riesgo Rodríguez S, Robaina Castellanos M. Evaluación diagnóstica del niño con parálisis cerebral. *Rev Cuba Pediatr*. 2007;10(2):156–61.
17. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E G, B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(4):214–23.
18. Hauer J, Houtrow AJ. Pain Assessment and Treatment in Children With Significant Impairment of the Central Nervous System. *Pediatrics*. 2017;139(6):e20171002.
19. Campistol J. Fármacos empleados por vía oral para el tratamiento de la espasticidad. *Rev Neurol*. 2003;37(1):70–4.
20. Fonseca Jr. PR, Calhes Franco de Moura R, Galli M, Santos Oliveira C. Effect of physiotherapeutic intervention on the gait after the application of botulinum toxin in children with cerebral palsy: systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;54(5).
21. Swinnen E, Duerinck S, Kerckhofs E. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Assist technol Res Ser*. 2010;26:279–81.
22. Llorente D, Robles C. Experiencia de la terapia con lokomat en pacientes portadores de parálisis cerebral y síndromes atáxicos, instituto de rehabilitación infantil teletón. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2014;25(2):249–54.
23. Aurich-Schuler T, Grob F, Van Hedel HJA, Labruyère R. Can Lokomat therapy with children and adolescents be improved? An adaptive clinical pilot trial comparing Guidance force, Path control, and FreeD. *J Neuroeng Rehabil*. 2017;14(1):1–14.

24. Damiano, Diane L; DeJong SL. A systematic review of the effectiveness of Treadmill training and body weight support in pediatric rehabilitation. *J Neurol Phys Ther.* 2009;33(1):27–44.
25. K.J. D, S. F. Partial body-weight-supported treadmill training can improve walking in children with cerebral palsy: A clinical controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(2):101–5.
26. A Prosser L. Locomotor training within an inpatient rehabilitation program after pediatric incomplete spinal cord injury. 2007;4(1):58–60.
27. Ulrich T, Heinen F, Borggraefe I, Warken B, Meyer-Heim A, Schroeder A, et al. Practical Recommendations for Robot-Assisted Treadmill Therapy (Lokomat) in Children with Cerebral Palsy: Indications, Goal Setting, and Clinical Implementation within the WHO-ICF Framework. *Neuropediatrics.* 2015;46(04):248–60.
28. Solutions - Hocoma [Internet]. [cited 2019 Mar 15]. Available from: <https://www.hocoma.com/solutions/>
29. Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2018;60(April 2017):55–60.
30. van Hedel HJA, Meyer-Heim A, Rüschoff C. Robot-assisted gait training might be beneficial for more severely affected children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil.* 2016;19(6):410–5.
31. Cherni Y, Ballaz L, Girarin-Vignola G, Begon M. P 175 - Robotic-assisted locomotion training improves walking abilities in children with bilateral cerebral palsy. *Gait Posture.* 2018;65:530–1.
32. Meyer-Heim A, Ammann-Reiffer C, Schmartz A, Schäfer J, Sennhauser FH, Heinen F, et al. Improvement of walking abilities after robotic-assisted locomotion training in children with cerebral palsy. *Arch Dis Child.* 2009;94(8):615–20.
33. Wiart L, Rosychuk RJ, Wright FV. Evaluation of the effectiveness of robotic gait training and gait-focused physical therapy programs for children and youth with cerebral palsy: A mixed methods RCT. *BMC Neurol.* 2016;16(1):1–10.
34. Speckman RA, Friedly JL. Asking Structured, Answerable Clinical Questions Using the Population, Intervention/Comparator, Outcome

- (PICO) Framework. Pm&R. 2019;
35. Borggraefe I, Kiwull L, Schaefer JS, Koerte I, Blaschek A, Meyer-Heim A, et al. Sustainability of motor performance after robotic-assisted treadmill therapy in children: An open, non-randomized baseline-treatment study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(2):125–31.
  36. Drużbicki M, Rusek W, Szczepanik M, Dudek J, Snela S. Assessment of the impact of orthotic gait training on balance in children with cerebral palsy. *Acta Bioeng Biomech*. 2010;12(3):53–8.
  37. Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2017;21(3):557–64.
  38. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011;343(7829):1–9.
  39. Bayon C, Raya R. Robotic Therapies for Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Transl Biomed*. 2016;7(1):1–10.
  40. Lefmann S, Russo R, Hillier S. The effectiveness of robotic-assisted gait training for paediatric gait disorders: Systematic review. *J Neuroeng Rehabil*. 2017;14(1):1–10.
  41. Phelan SK, Gibson BE, Wright FV. What is it like to walk with the help of a robot? Childrens perspectives on robotic gait training technology. *Disabil Rehabil*. 2015;37(24):2272–81.
  42. Tefertiller C, Pharo B, Evans N, Winchester P. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: A review. *J Rehabil Res Dev*. 2011;48(4):387.

## 10. ANNEXOS

### ANNEX 1 – Escala FAC (Functional Ambulatory Classifier)

FAC	Ambulation Description	Definition
0	Nonfunctional ambulation	Subject cannot ambulate, ambulates in parallel bars only, or requires supervision or physical assistance from more than one person to ambulate safely outside of parallel bars
1	Ambulator-Dependent for Physical Assistance Level II	Subject requires manual contacts of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contacts are continuous and necessary to support body weight as well as maintain balance and/or assist coordination
2	Ambulator-Dependent for Physical Assistance Level I	Subject requires manual contact of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contact consists of continuous or intermittent light touch to assist balance or coordination
3	Ambulator-Dependent for Supervision	Subject can physically ambulate on level surfaces without manual contact of another person but for safety requires standby guarding on no more than one person because of poor judgment, questionable cardiac status, or the need for verbal cuing to complete the task.
4	Ambulator-Independent Level Surfaces only	Subject can ambulate independently on level surfaces but requires supervision or physical assistance to negotiate any of the following: stairs, inclines, or non-level surfaces.
5	Ambulator-Independent	Subject can ambulate independently on nonlevel and level surfaces, stairs, and inclines.



## ANNEX 2 – Risc de biaix dels articles inclosos

Taula 8: Risc de biaix Y.Cherni et al. (2018) (31)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	L'estudi és una breu comunicació i no presenta un grup control en els participants.	Alt risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No es descriu el mètode d'aleatorització	Alt risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament del personal	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	No s'especifica si hi va haver cegament dels avaluadors	Risc incert
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No s'especifica si hi ha baixes, pèrdues o abandonaments en l'estudi	Risc incert
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	No s'acaben de descriure tots els resultats, en ser una breu comunicació	Risc incert

Taula 9: Risc de biaix Hubertus J.A Van Hendel et al. (2015) (30)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	És un estudi retrospectiu en què els pacients es divideixen segons el nivell de GMFCS. No hi ha un grup control, tots els participants realitzen el mateix tractament.	Alt risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No es descriu el mètode d'aleatorització.	Alt risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament del personal	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament dels avaluadors	Risc incert
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No s'especifica si hi ha baixes, pèrdues o abandonaments en l'estudi	Risc incert
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 10 : Risc de biaix L.Wallard (2017) (29)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	Els pacients van ser assignats aleatòriament en un grup experimental i un grup control	Baix risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	L'assignació aleatòria es va realitzar per sorteig, per tal de limitar biaixos de selecció	Baix risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	Els participants estan informats del procés de l'estudi però no saben si formen part del grup control o bé del grup experimental	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament dels avaluadors	Risc incert
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No falten dades dels resultats	Baix risc
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 11: Risc de biaix I.Borggraefe (2010) (35)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	És un estudi obert, no aleatoritzat de tractament de referència	Alt risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No es descriu el mètode d'aleatorització	Alt risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament dels participants i del personal	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament dels avaluadors	Risc incert
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No falten dades dels resultats	Baix risc
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 12: Risc de biaix M.Druzbicki (2013) (36)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	Els participants van ser assignats aleatòriament en grup experimental i grup control	Baix risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No s'especifica el mètode d'aleatorització.	Risc incert
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No s'especifica si hi va haver un cegament dels participants i del personal	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	Els avaluadors no van ser conscients de l'assignació dels nens en el grup d'estudi i en el grup control	Baix risc
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	9 de 26 nens en el grup control van completar el programa.  L'estudi no indica la duració de la intervenció, només especifica el nombre de sessions.	Alt risc
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 13: Risc de biaix A.Meyer-Heim et al. (2013) (32)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	Assignació de les edats arbitrària en funció de pacients ambulatoris o bé hospitalitzats.	Risc incert
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No s'especifica l'assignació	Risc incert
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No s'especifica si els participants i personal van ser cegats	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	Els avaluadors no van ser cegats	Alt risc
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No falten dades dels resultats	Baix risc
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 14: Risc de biaix I.Borggraefe (2010) (7)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	És un estudi experimental sense grup control el qual no presenta aleatorització en els grups però sí de manera arbitrària es divideixen els nens segons el nivell de GMFCS	Risc incert
<b>Ocultació de l'assignació</b>	No es descriu el mètode d'aleatorització.	Alt risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	No és possible ja que no hi ha grup control	Alt risc
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	No és possible ja que no hi ha grup control	Alt risc
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No falten dades dels resultats	Baix risc
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Baix risc

Taula 15: Risc de biaix L.Wallard (2017) (37)

ÍTEM	VALORACIÓ	AVALUACIÓ
<b>Biaix de selecció</b>		
<b>Generació de la seqüència aleatoritzada</b>	Els pacients van ser assignats aleatòriament en un grup experimental i un grup control	Baix risc
<b>Ocultació de l'assignació</b>	L'assignació aleatòria es va realitzar per sorteig, per tal de limitar biaixos de selecció	Baix risc
<b>Biaix de realització</b>		
<b>Cegament dels participants i del personal</b>	Els participants estan informats del procés de l'estudi però no saben si formen part del grup control o bé del grup experimental	Risc incert
<b>Baix de detecció</b>		
<b>Cegament dels avaluadors</b>	Els avaluadors no van ser conscients de l'assignació dels nens en el grup d'estudi i en el grup control	Risc baix
<b>Baix de desgast</b>		
<b>Dades dels resultats incompletes</b>	No falten dades dels resultats	Risc baix
<b>Biaix de notificació</b>		
<b>Notificació selectiva dels resultats</b>	Es descriuen tots els resultats	Risc baix